



L'urbanisme organisationnel : méthode et aides à la décision pour piloter l'évolution du système d'information de l'entreprise

Julie Chapron

► To cite this version:

Julie Chapron. L'urbanisme organisationnel : méthode et aides à la décision pour piloter l'évolution du système d'information de l'entreprise. Génie des procédés. Ecole Nationale Supérieure des Mines de Saint-Etienne, 2006. Français. NNT : 2006EMSE0016 . tel-00796061

HAL Id: tel-00796061

<https://theses.hal.science/tel-00796061>

Submitted on 1 Mar 2013

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.



N° d'ordre : 409GI

THESE
présentée par

Julie Chapron

Pour obtenir le grade de Docteur
de l'Ecole Nationale Supérieure des Mines de Saint-Etienne
et de l'Université Jean Monnet de Saint-Etienne

Spécialité : Génie Industriel

*L'urbanisme organisationnel : méthode et aides à la décision pour
piloter l'évolution du système d'information de l'entreprise*

Soutenue à Saint Etienne le 05 septembre 2006

Membres du jury

Rapporteur et président : Pr. Bernard Grabot	Professeur	École Nationale d'Ingénieurs de Tarbes
Rapporteur : Dr. Didier Gourc	Maître Assistant	Ecole des Mines d'Albi-Carnaux
Examineurs : Pr. Joël Favrel Dr. Xavier Boucher M. Pierre Lebrun	Professeur Maître Assistant Team Manager	INSA de Lyon Ecole des Mines de Saint Etienne STMicroelectronics
Directeur de thèse : Pr. Patrick Burlat	Professeur	Ecole des Mines de Saint Etienne

● **Spécialités doctorales :**

SCIENCES ET GENIE DES MATERIAUX
MECANIQUE ET INGENIERIE
GENIE DES PROCEDES
SCIENCES DE LA TERRE
SCIENCES ET GENIE DE L'ENVIRONNEMENT
MATHEMATIQUES APPLIQUEES
INFORMATIQUE
IMAGE, VISION, SIGNAL
GENIE INDUSTRIEL
MICROELECTRONIQUE

Responsables :

J. DRIVER Directeur de recherche – Centre SMS
A. VAUTRIN Professeur – Centre SMS
G. THOMAS Professeur – Centre SPIN
B. GUY Maître de recherche
J. BOURGOIS Professeur – Centre SITE
E. TOUBOUL Ingénieur
O. BOISSIER Professeur – Centre G2I
JC. PINOLI Professeur – Centre CIS
P. BURLAT Professeur – Centre G2I
Ph. COLLOT Professeur – Centre CMP

● **Enseignants-chercheurs et chercheurs autorisés à diriger des thèses de doctorat** (titulaires d'un doctorat d'Etat ou d'une HDR)

BENABEN	Patrick	PR 2	Sciences & Génie des Matériaux	SMS
BERNACHE-ASSOLANT	Didier	PR 1	Génie des Procédés	CIS
BIGOT	Jean-Pierre	MR	Génie des Procédés	SPIN
BILAL	Essaïd	MR	Sciences de la Terre	SPIN
BOISSIER	Olivier	PR 2	Informatique	G2I
BOUDAREL	Marie-Reine	MA	Sciences de l'inform. & com.	DF
BOURGOIS	Jacques	PR 1	Sciences & Génie de l'Environnement	SITE
BRODHAG	Christian	MR	Sciences & Génie de l'Environnement	SITE
BURLAT	Patrick	PR 2	Génie industriel	G2I
COLLOT	Philippe	PR 1	Microélectronique	CMP
COURNIL	Michel	PR 1	Génie des Procédés	SPIN
DAUZERE-PERES	Stéphane	PR 1	Génie industriel	CMP
DARRIEULAT	Michel	ICM	Sciences & Génie des Matériaux	SMS
DECHOMETS	Roland	PR 2	Sciences & Génie de l'Environnement	SITE
DELAFOSSÉ	David	PR 2	Sciences & Génie des Matériaux	SMS
DOLGUI	Alexandre	PR 1	Informatique	G2I
DRAPIER	Sylvain	PR 2	Mécanique & Ingénierie	CIS
DRIVER	Julian	DR	Sciences & Génie des Matériaux	SMS
FOREST	Bernard	PR 1	Sciences & Génie des Matériaux	SMS
FORMISYN	Pascal	PR 1	Sciences & Génie de l'Environnement	SITE
FORTUNIER	Roland	PR 1	Sciences & Génie des Matériaux	CMP
FRACZKIEWICZ	Anna	MR	Sciences & Génie des Matériaux	SMS
GARCIA	Daniel	CR	Génie des Procédés	SPIN
GIRARDOT	Jean-Jacques	MR	Informatique	G2I
GOEURIOT	Dominique	MR	Sciences & Génie des Matériaux	SMS
GOEURIOT	Patrice	MR	Sciences & Génie des Matériaux	SMS
GRAILLOT	Didier	DR	Sciences & Génie de l'Environnement	SITE
GROSSEAU	Philippe	MR	Génie des Procédés	SPIN
GRUY	Frédéric	MR	Génie des Procédés	SPIN
GUILHOT	Bernard	DR	Génie des Procédés	CIS
GUY	Bernard	MR	Sciences de la Terre	SPIN
GUYONNET	René	DR	Génie des Procédés	SPIN
HERRI	Jean-Michel	PR 2	Génie des Procédés	SPIN
JOYE	Marc	Ing. (Gemplus)	Microélectronique	CMP
KLÖCKER	Helmut	CR	Sciences & Génie des Matériaux	SMS
LAFOREST	Valérie	CR	Sciences & Génie de l'Environnement	SITE
LE COZE	Jean	PR 1	Sciences & Génie des Matériaux	SMS
LI	Jean-Michel	EC (CCI MP)	Microélectronique	CMP
LONDICHE	Henry	MR	Sciences & Génie de l'Environnement	SITE
MOLIMARD	Jérôme	MA	Sciences & Génie des Matériaux	SMS
MONTHILLET	Frank	DR 1 CNRS	Sciences & Génie des Matériaux	SMS
PERIER-CAMBY	Laurent	MA1	Génie des Procédés	SPIN
PIJOLAT	Christophe	PR 1	Génie des Procédés	SPIN
PIJOLAT	Michèle	PR 1	Génie des Procédés	SPIN
PINOLI	Jean-Charles	PR 1	Image, Vision, Signal	CIS
SOUSTELLE	Michel	PR 1	Génie des Procédés	SPIN
STOLARZ	Jacques	CR	Sciences & Génie des Matériaux	SMS
THOMAS	Gérard	PR 1	Génie des Procédés	SPIN
TRAN MINH	Cahn	MR	Génie des Procédés	SPIN
VALDIVIESO	Françoise	CR	Génie des Procédés	SPIN
VAUTRIN	Alain	PR 1	Mécanique & Ingénierie	SMS
VIRICELLE	Jean-Paul	CR	Génie des procédés	SPIN
WOLSKI	Krzysztof	CR	Sciences & Génie des Matériaux	SMS
XIE	Xiaolan	PR 1	Génie industriel	CIS

Glossaire :

PR 1	Professeur 1 ^{ère} catégorie
PR 2	Professeur 2 ^{ème} catégorie
MA(MDC)	Maître assistant
DR 1	Directeur de recherche
Ing.	Ingénieur
MR(DR2)	Maître de recherche
CR	Chargé de recherche
EC	Enseignant-chercheur
ICM	Ingénieur en chef des mines

Centres :

SMS	Sciences des Matériaux et des Structures
SPIN	Sciences des Processus Industriels et Naturels
SITE	Sciences Information et Technologies pour l'Environnement
G2I	Génie Industriel et Informatique
CMP	Centre de Microélectronique de Provence
CIS	Centre Ingénierie et Santé



N° d'ordre : 409GI

THESE
présentée par

Julie Chapron

Pour obtenir le grade de Docteur
de l'Ecole Nationale Supérieure des Mines de Saint-Etienne
et de l'Université Jean Monnet de Saint-Etienne

Spécialité : Génie Industriel

*L'urbanisme organisationnel : méthode et aides à la décision pour
piloter l'évolution du système d'information de l'entreprise*

Soutenue à Saint Etienne le 05 septembre 2006

Membres du jury

Rapporteur et président :		
Pr. Bernard Grabot	Professeur	École Nationale d'Ingénieurs de Tarbes
Rapporteur :		
Dr. Didier Gourc	Maître Assistant	Ecole des Mines d'Albi-Carnaux
Examineurs :		
Pr. Joël Favrel	Professeur	INSA de Lyon
Dr. Xavier Boucher	Maître Assistant	Ecole des Mines de Saint Etienne
M. Pierre Lebrun	Team Manager	STMicroelectronics
Directeur de thèse :		
Pr. Patrick Burlat	Professeur	Ecole des Mines de Saint Etienne

Remerciements

Je tiens tout d'abord à remercier vivement Monsieur Bernard Grabot, de l'Ecole Nationale d'Ingénieur de Tarbes, pour m'avoir fait l'honneur d'accepter de rapporter ma thèse et de présider le jury de ma soutenance de thèse. Je suis très reconnaissante à Monsieur Didier Gourc, de l'Ecole des Mines d'Albi Carmaux de m'avoir fait l'honneur d'être le rapporteur de ma thèse. Je les remercie d'avoir apporté tant de soin à la relecture de ce mémoire.

Merci à M. Joël Favrel, professeur à l'INSA de Lyon, d'avoir examiné mes travaux et je lui souhaite un prompt rétablissement.

Je tiens à remercier Xavier Boucher, mon co-directeur de thèse, pour son investissement, même dans les périodes les plus chargées (ah INCOM !), sa rigueur à toute épreuve et ses nombreuses idées. Merci à Patrick Burlat, mon directeur de thèse, pour sa contribution à ce travail.

Je tiens à remercier tout particulièrement Pierre Lebrun, mon responsable industriel chez STMicroelectronics, qui m'a suivi et soutenu pendant toute la durée de ces travaux. Sa disponibilité, ses qualités humaines et son ouverture ont été pour moi de réels soutiens au cours des mois et resteront des exemples dans l'avenir. Et je ne peux pas manquer d'associer à cette réussite tout l'(ex)équipe 'Architecture et Industrialisation' dont il était responsable, Pascale, Eric, Kamel, Thomas, Hugues, Christian, Nicolas, Alain, Fabien et Jean-François dont la bonne humeur et l'entrain m'ont permis de m'intégrer et de travailler dans d'excellentes conditions. La distance entre nos mondes de compétence n'a jamais été un frein à des échanges toujours enrichissants. Merci à Jean-François Pietri de m'avoir accueilli dans son service et merci à Thomas et Karen pour m'avoir mis le pied à l'étrier pour la suite de cette thèse.

Comment ne pas associer aussi à ces trois années et demi, les doctorants de Saint Etienne et de Gardanne (Sana, Emilie, Xavier, Mehdi, Nathalie, Cathy, Mickaël,... je ne pourrais les citer tous) dont beaucoup sont devenus des amis et dont les contributions scientifiques ou humaines ne sont pas étrangères à l'aboutissement de ce travail et à la réussite humaine et logistique d'une organisation sur deux sites distants. Un grand merci à Stéphane Dauzère-Péres qui m'a accueillie et hébergée en toute simplicité dans son équipe à Gardanne et avec qui les discussions furent toujours très constructives.

Et je voudrais terminer ces remerciements en associant tous mes amis et ma famille dont la contribution dépasse largement ces pages et ces années de thèse mais dont il m'est ici permis de souligner l'importance dans l'aboutissement de cet ouvrage. Je terminerai par Christophe qui partage ma vie et qui a partagé aussi les longs mois difficiles de la rédaction. Merci pour ton soutien inébranlable.

Cette longue liste ne peut être exhaustive tant ces mois de thèse ont été riches en rencontres et en expériences..., que toutes les personnes qui m'ont aidée en soit remerciées...

Sommaire

Remerciements	1
Chapitre I Introduction générale.....	19
I. Le contexte	21
I.1 Le contexte industriel	21
I.2 Le contexte de la microélectronique	21
I.2.1 Le domaine de la microélectronique	21
I.2.2 La place du système d'information.....	23
I.3 Notre interlocuteur industriel - STMicroelectronics	23
II. La problématique	24
III. Plan de lecture.....	25
Chapitre II Etat de l'Art	29
I. Introduction à l'état de l'art.....	31
La gestion de l'évolution dans l'entreprise.....	32
I. Concepts généraux	32
II. Les différents types de changement.....	33
II.1 Les origines du changement	33
II.2 Le changement par anticipation	33
II.2.1 Le changement stratégique.....	34
II.2.2 L'amélioration continue.....	34
II.2.3 Le changement par opportunité ou bottom-up	36
II.3 Le changement par réaction	36
III. Les méthodes pour gérer l'évolution.....	37
III.1 Les leviers du changement.....	37
III.2 Le processus de changement organisationnel	38
III.3 Les différents horizons du changement	39
III.4 Gérer l'évolution du système d'information.....	40
IV. Conclusion	41
L'urbanisme du système d'information.....	43
I. La métaphore de l'urbanisme	43
I.1 Similitudes	43
I.2 ...et différences	44

II.	Introduction à l'urbanisme	44
II.1	Définitions	44
II.2	Les objectifs de l'urbanisme du système d'information.....	44
II.3	Les acteurs de l'urbanisme	45
III.	La démarche d'urbanisme du système d'information.....	46
III.1	La méthodologie.....	46
III.1.1	L'urbanisme cadastral.....	46
III.1.2	L'urbanisme prospectif.....	47
III.1.3	L'urbanisme des projets.....	49
III.2	Le découpage du système d'information.....	49
III.2.1	La vision métier (activités, processus et stratégie).....	49
III.2.2	La vision fonctionnelle (fonction support aux opérations, ...)	49
III.2.3	La vision informatique (composants logiciels et architecture technique)	51
IV.	Les limites de l'urbanisme.....	51
IV.1	Les limites du déploiement en entreprise	51
IV.2	Les limites de la formalisation scientifique	52
V.	Conclusion.....	53
	La modélisation d'entreprise.....	55
I.	Introduction	55
II.	GIM - GRAI Integrated Methodology	56
III.	PERA (Perdue Enterprise Reference Architecture)	57
IV.	CIMOSA.....	59
IV.1	Le cadre de modélisation de CIMOSA	59
IV.2	Les principes de modélisation de CIMOSA	60
V.	GERAM (Generalised enterprise Reference architecture and Methodology).....	60
V.1	La méta-méthode.....	60
V.2	Les éléments méthodologiques de GERAM.....	61
VI.	Le cadre de Zachman	62
VII.	ArchiMate.....	63
VIII.	Les normes.....	65
IX.	Notre approche face aux méthodes existantes	66
X.	Conclusion.....	67

La gestion des processus	69
I. Introduction	69
II. La gestion des processus	70
III. La modélisation des processus	70
III.1 Classification et modèles de référence	71
III.1.1 La classification des processus.....	71
III.1.2 SCOR	72
III.1.3 ITIL	72
III.2 Les outils de modélisation des processus	73
IV. L'analyse des processus	74
IV.1 L'analyse qualitative et structurale des processus	74
IV.2 L'analyse quantitative des processus	74
IV.2.1 Activity Based Costing (ABC).....	75
IV.2.2 Balanced Scorecard	75
IV.2.3 Méthode 6 sigma	75
V. L'amélioration des processus	76
V.1 Business Process Reengineering (BPr)	76
V.2 L'amélioration continue	77
V.3 L'exécution informatisée des processus ou Business Process Management System (BPMS)	77
V.3.1 Les Enterprise Resource Planning (ERP)	78
V.3.2 Le Workflow	78
V.3.3 L'EAI	79
V.3.4 La gestion des règles métiers	79
V.3.5 Business Activity Monitoring (BAM)	79
V.3.6 Les langages de modélisation du processus dans le BPMS	79
VI. Conclusion	82
Positionnement de notre approche.....	83
I. La notion de système d'information	83
II. Positionnement de notre démarche	84
II.1 L'urbanisme organisationnel et l'urbanisme du système informatique	84
II.1.1 Des objectifs cohérents... ..	84
II.1.2 Réutilisation de l'urbanisme du système informatique.....	85
II.1.3 La valeur ajoutée de l'urbanisme organisationnel... ..	86

Chapitre III L'urbanisme organisationnel du système d'information89

I.	Introduction	91
II.	La méthodologie de gestion de l'évolution – L'urbanisme organisationnel du système d'information	91
II.1	Les objectifs de la démarche.....	91
II.2	Les objectifs scientifiques.....	93
II.3	Les orientations choisies.....	93
II.3.1	Une approche continue et cyclique de l'évolution	93
II.3.2	Le périmètre d'action.....	95
III.	L'urbanisme cadastral	97
III.1	Les pré-requis.....	98
III.2	La réalisation de la cartographie	98
III.3	La structuration des processus	99
IV.	L'urbanisme prospectif.....	99
IV.1	L'analyse de l'existant.....	100
IV.2	Définition de la cible et des scénarii possibles	100
IV.3	Le choix de la trajectoire	101
V.	L'urbanisme de projets.....	101
V.1	La mise en œuvre dans les projets.....	102
V.2	La réaction à des événements	102
V.3	La mesure de distance face aux objectifs	103
VI.	Conclusion	103

Chapitre IV La méta-modélisation.....105

I.	Introduction	107
II.	Le modèle	108
II.1	Le rapport entre le modèle et son "original"	108
III.	Le méta-modèle.....	109
III.1	La méta-modélisation	109
III.2	Le positionnement vis-à-vis des modèles d'entreprise existants	110
III.3	Objectif de modélisation – notion de découplage	110

IV.	Gérer la complexité : le découplage des vues des modèles	111
IV.1	Découplage entre Processus et Environnement Organisationnel.....	111
IV.2	Concepts génériques d'interface	112
IV.3	Découplage entre modélisation métier et modélisation informatique.....	112
V.	Les concepts introduits dans le méta-modèle	113
V.1	L'architecture du méta-modèle	113
V.2	La vue des processus métiers	115
V.2.1	La définition du concept de processus	116
V.2.2	Processus informationnel	117
V.2.3	Processus informatique	118
V.2.4	Processus physique	119
V.2.5	Les modèles des processus.....	119
V.3	L'interface générique.....	122
V.3.1	Le concept de rôle.....	123
V.3.2	Le concept de fonctionnalité	123
V.3.3	Les concepts de capacité et de caractéristique	124
V.3.4	Les modèles de l'interface générique	124
V.4	La vue de l'environnement organisationnel.....	124
V.4.1	Les entités organisationnelles.....	125
V.4.2	Les entités d'architecture	126
V.4.3	Les entités d'infrastructure.....	127
V.4.4	Les ressources physiques	127
V.4.5	Les modèles de l'environnement.....	127
VI.	Conclusion	128
Chapitre V La clusterisation des processus		131
I.	Les objectifs de la démarche de clusterisation des processus	134
II.	La démarche de clusterisation des processus	135
II.1	La coordination des processus	135
II.2	Les étapes de la démarche	136

III.	Critères de dépendances inter-processus	137
III.1	La notion de dépendance	137
III.1.1	La nature des liens de dépendance	138
III.1.2	La dépendance par les acteurs, notée D_A	139
III.1.3	La dépendance par les ressources, DRE	140
III.1.4	La dépendance par les informations, DD.....	141
IV.	Agrégation des mesures de dépendances	142
IV.1	Le cas d'école.....	144
V.	Constitution des clusters.....	146
V.1	Objectifs.....	146
V.2	Les méthodes de clusterisation	146
V.3	Le choix de la méthode.....	147
V.4	La classification hiérarchique	148
V.4.1	Les applications de la classification	148
V.4.2	Commentaires sur les méthodes de clusterisation	149
V.5	La classification hiérarchique ascendante	149
V.5.1	Principe de l'algorithme d'après [Lebart 1997]	150
V.5.2	Le critère d'agrégation.....	150
V.5.3	Les troncatures	152
V.6	Les cartes de cluster	152
VI.	Conclusion	154

Chapitre VI Diagnostic du Système d'Information par les cartes de clusters157

I.	Introduction	159
II.	Le diagnostic des cartes de clusters	160
II.1	Le diagnostic lié à la qualité des cartes	161
II.1.1	Le degré de découplage	161
II.1.2	Le degré de cohésion interne.....	161
II.1.3	Le nombre de clusters	162
II.1.4	Le diagnostic	162
II.2	Comparaison de cartes de dépendances de types identiques – l'effort de transformation.....	164
II.3	Comparaison de cartes de dépendances de types différentes	169
II.3.1	La cohérence des dimensions du système d'information	169
II.3.2	Le lien entre l'organisationnel et le système informatique	171

III.	Le diagnostic intra-cluster	175
III.1	La maturité des processus	175
III.1.1	Les modèles de maturité des processus	175
III.1.2	Les clusters de processus et la maturité des processus	177
III.2	Evaluation de l'apport stratégique des clusters.....	179
III.2.1	Les clusters de processus et l'apport stratégique des processus.....	179
IV.	Conclusion	181
Chapitre VII L'étude de Cas – STMicroelectronics		183
I.	Introduction	185
II.	Le contexte	186
III.	L'urbanisme organisationnel mis en œuvre.....	187
IV.	La modélisation de l'entreprise.....	188
IV.1	La mise en œuvre et l'outillage.....	188
IV.1.1	L'outillage de la démarche.....	188
IV.1.2	La mise en œuvre de la démarche dans les organisations.....	188
IV.2	Une méthodologie d'interview et de modélisation	189
IV.3	Le méta-modèle dans l'entreprise	190
IV.3.1	L'utilisation du méta-modèle	190
IV.3.2	L'instanciation des concepts du méta-modèle	191
IV.4	Les vues utilisées dans la cartographie.....	193
IV.4.1	Les vues de la cartographie des processus.....	193
IV.4.2	Les vues relatives aux processus métiers.....	193
IV.4.3	Les vues d'architecture du système d'information	195
IV.4.4	La vue de l'organisation.....	196
IV.5	L'exploitation du modèle.....	197
IV.5.1	Les apports de la modélisation	197
IV.5.2	Les limites de la modélisation.....	198
V.	La clusterisation des processus.....	199
V.1	Le calcul des dépendances.....	199
V.1.1	La démarche mise en oeuvre	199
V.1.2	Les données d'entrée utilisées.....	200
V.1.3	Le calcul des dépendances élémentaires.....	201
V.1.4	L'agrégation des dépendances	203

V.2	Les graphes de dépendances	203
V.2.1	La dépendance d'acteur - D_A	204
V.2.2	La dépendance de ressource – D_{RE}	205
V.2.3	La dépendance d'information - D_D	206
VI.	Le diagnostic du système d'information.....	207
VI.1	L'analyse de l'existant.....	207
VI.1.1	La cohérence des dimensions du système d'information.....	207
VI.2	L'analyse du changement : le projet PCM	209
VI.2.1	Les évolutions du processus PCM.....	210
VI.2.2	L'effort de transformation.....	210
VI.2.3	L'évolution des indicateurs de qualité.....	211
VI.3	Conclusion sur l'utilisation des outils de diagnostic.....	212
VII.	Conclusion	213
Chapitre VIII Conclusions et Perspectives		215
I.	Conclusions	217
II.	Apports et Limites.....	220
II.1	Apports scientifiques et limites.....	220
II.2	Apports industriels, Limites et Perspectives.....	221
II.2.1	La modélisation d'entreprise	221
II.2.2	L'urbanisme organisationnel du système d'information.....	222
II.2.3	Les prérequis nécessaires pour l'entreprise - Perspectives	222
III.	Perspectives	223
III.1	L'utilisation des clusters de processus	223
III.2	Le lien entre les processus et le système informatique.....	224
III.3	Les nouvelles organisations	224
III.4	Le transfert des processus inter-sites.....	225
III.5	La réactivité	226
Bibliographie		229

Annexes	245
Introduction à la microélectronique.....	247
IV. La société STMicroelectronics	247
IV.1 Organisation de STMicroelectronics depuis 2005	247
IV.2 STMicroelectronics dans le monde	247
V. Les étapes de fabrication	249
VI. Le procédé de fabrication	250
VI.1 Le principe	250
VI.2 La photolithographie (ou Lithography en anglais).....	251
VI.3 La gravure (ou Etching en anglais)	251
VI.4 Le dopage (ou Implantation en anglais)	251
VI.5 Les dépôts de matériaux	252
VI.6 Les nettoyages.....	252
VII. Petit glossaire de la microélectronique.....	253
Les modèles de maturité CMMi et SPICE.....	255
I. CMMi - Capability Maturity Model integrated	255
II. SPICE ou ISO/CEI TR 15 504	258
II.1 L'architecture du modèle.....	258

Table des figures

figure I.1 : Plan de la thèse.....	26
figure II.2 : Plan du chapitre II.....	31
figure II.3 : Le changement radical [Abou-Harb 03]	34
figure II.4 : L'amélioration continue.....	35
figure II.5 : Le parapluie Kaisen	35
figure II.6 : Le processus de changement organisationnel [Jackson 95].....	38
figure II.7 : Trois niveaux de gestion de l'évolution [Malhéné 00].....	40
figure II.8 : Les strates de l'urbanisme [Club 03]	50
figure II.9 : Principaux modèles d'entreprise ou approches de modélisation en entreprise	55
figure II.10 : Cycle de vie et niveaux d'abstraction d'une transformation.....	56
figure II.11 : Composants des phases de conceptualisation, définition et réalisation.....	58
figure II.12 : Le cube de CIMOSA	59
figure II.13 : Eléments méthodologiques de GERAM [IFIP 99].....	61
figure II.14 : Méta-modèle ArchiMate [ArchiMate 04]	64
figure II.15 : La gestion des processus et plan du chapitre.....	69
figure II.16 : La chaîne de valeur selon M. Porter [Porter 86]	71
figure II.17 : Les deux premiers niveaux du modèle SCOR [SCC 05].....	72
figure II.18 : La roue de Deming	77
figure II.19 : Le positionnement du BPM (www.bpmi.org).....	81
figure II.20 : Les idées clés ayant influencé la transformation des processus [Harmon 03] ...	81
figure II.21 : Le positionnement des urbanismes	85
figure III.22 : Plan du chapitre III.....	91
figure III.23 : Les grandes démarches de la gestion de l'évolution	94
figure III.24 : Périmètre d'action de la méthodologie d'urbanisme organisationnel du système d'information	95
figure III.25 : L'urbanisme organisationnel du système d'information	97
figure III.26 : L'urbanisme cadastral	98
figure III.27 : L'urbanisme prospectif.....	100
figure III.28 : L'urbanisme de projets	101
figure IV.29 : Plan du chapitre.....	107
figure IV.30 : Modèle et méta-modèle	109
figure IV.31 : Les découplages proposés pour le méta-modèle	111
figure IV.32 : Le méta-modèle proposé.....	114
figure IV.33 : Vue des processus métiers	115
figure IV.34 : Les différentes instanciations de la notion de processus	117
figure IV.35 : La granularité des modèles de processus	119
figure IV.36 : Les différentes vues du métier	120
figure IV.37 : Exemple d'instanciation d'un processus générique	121
figure IV.38 : Vue de l'interface générique du méta-modèle	122

figure IV.39 : Le lien processus / organisation	123
figure IV.40 : Vue de l'environnement organisationnel du méta-modèle	125
figure IV.41 : Lien entre les activités et les applications.....	126
figure IV.42 : Lien entre les activités et les applications par les services	126
figure V.43 : Plan du chapitre	133
figure V.44 : La démarche de clusterisation	137
figure V.45 : Exemple de dépendances asymétriques entre deux processus	139
figure V.46 : Représentation schématique du mécanisme d'agrégation pour la dépendance d'acteur.....	144
figure V.47 : Le graphe des dépendances	145
figure V.48 : Méthode de classification hiérarchique ascendante.....	148
figure V.49 : Méthode de classification hiérarchique descendante	148
figure V.50 : Le critère d'agrégation.	151
figure V.51 : Dendrogramme et troncature avec le critère de Ward	152
figure V.52 : Carte des dépendances Acteur.....	153
figure V.53 : Les cartes de clusters.....	153
figure VI.54 : Plan du chapitre VI.....	159
figure VI.55 : Démarche de calcul de l'effort de transformation.....	165
figure VI.56 : Exemple d'introduction d'une évolution dans une carte de clusters.....	166
figure VI.57 : Interprétation de l'effort de transformation.....	168
figure VI.58 : Démarche d'analyse des écarts entre les différents types de dépendance.....	169
figure VI.59 : L'analyse des écarts entre les différentes cartes d'un système	170
figure VI.60 : Principe de comparaison entre les clusters issus de la carte générale et les clusters de l'urbanisme du système informatique	172
figure VI.61 : Les diagnostics des cartes de clusters.....	174
figure VI.62 : Positionnement des approches de maturité [Curtis 04]	176
figure VI.63 : Business process maturity model [Harmon 04]	177
figure VI.64 : Les diagnostics du système d'information	181
figure VII.65 : Plan du chapitre VII	185
figure VII.66 : Les étapes de l'urbanisme organisationnel	187
figure VII.67 : L'instanciation du méta-modèle proposé	191
figure VII.68 : Front End Product Realization - Business Process Environment Diagram ..	194
figure VII.69 : Capacity Requirement Planning - CRP - Business Process Diagram.....	195
figure VII.70 : TPM Center (Total Preventive Maintenance) – Environment Software Design Architecture	196
figure VII.71 : STMicroelectronics - Organizational Chart	197
figure VII.72 : Démarche opérationnelle de clusterisation des processus.....	199
figure VII.73 : Représentation schématique du mécanisme d'agrégation pour la dépendance d'acteur	201
figure VII.74 : Dendrogramme de la dépendance d'acteur	204
figure VII.75 : Dendrogramme de la dépendance de ressource.....	205
figure VII.76 : Dendrogramme de la dépendance d'information.....	206

figure VIII.77 : Les outils de la méthode d'urbanisme organisationnel du système d'information.....	219
figure VIII.78 : Evolution des modèles de maturité [Ho 04].....	223
figure A1.79 : Organisation mondiale du groupe STMicroelectronics	247
figure A1.80 : ST dans le monde.....	248
figure A1.81 : Ventes par région pour l'année 2005	248
figure A1.82 : Les grandes étapes de la réalisation des puces	249
figure A1.83 : Séquence des tapes de la fabrication des wafers [Van Campen 01]	250
figure A1.84 : Une puce vue en coupe.....	252
figure A2.85 : la maturité de processus dans CMMi.....	255
figure A2.86 : Composants du modèle CMMi [Carnegie 05a]	256
figure A2.89 : Les indicateurs du niveau de maturité.....	259

Liste des tableaux

tableau II.1 : Cadre de Zachman.....	63
tableau II.2 : Evolution des normes sur la modélisation d'entreprise [Vernadat 2002]	65
tableau V.3 : Synthèse des dépendances	142
tableau V.4 : Tableau des dépendances D_A entre processus.....	145
tableau VI.5 : Interprétation de l'évolution du degré de découplage.....	162
tableau VI.6 : Interprétation de l'évolution du degré de cohésion.....	163
tableau VI.7 : Matrices de dépendances initiale et finale du système.....	165
tableau VI.8 : Analyse des écarts entre les dépendances pour un couple de processus.....	171
tableau VII.9 : Liste des processus de l'étude de cas.....	200
tableau VII.10 : Matrice de la dépendance structurelle entre les acteurs.....	202
tableau VII.11 : Matrice des dépendances de rôle	202
tableau VII.12 : Matrice des dépendances d'acteur entre les processus	204
tableau VII.13 : Matrice des dépendances de ressource entre les processus.....	205
tableau VII.14 : Matrice des dépendances d'information entre les processus.....	206
tableau VII.15 : Matrice des configurations entre les dimensions du système d'information	207
tableau VII.16 : Matrices des clusters de ressource pour les configurations initiales et finales du système d'information.....	211
tableau VII.17 : Evolution des indicateurs de qualité	211

Chapitre I

Introduction générale

I. Le contexte

I.1 Le contexte industriel

La mondialisation se traduit par le prolongement au-delà des frontières des pays, des enjeux des marchés. Ceux-ci ont évolué au travers des siècles sur différents niveaux d'activité économique (marchés de village, région, industries urbaines, centres financiers). La mondialisation impose donc une ouverture des marchés et de la concurrence qui bouleverse les équilibres existants. L'internationalisation des flux, les implantations à l'étranger et la globalisation des échanges placent les entreprises dans des environnements dont l'hostilité et la complexité ne cessent de croître. De plus, les entreprises sont soumises à des exigences gouvernementales de plus en plus astreignantes au niveau de la qualité, de la sécurité et de l'environnement. Il en résulte un contexte industriel de plus en plus contraignant offrant en échange de nouvelles opportunités.

Dans ce contexte mondial, les entreprises doivent gérer cet important réseau de contraintes et en particulier améliorer leur productivité, leur rentabilité et posséder une grande souplesse face aux exigences du marché tout en restant à la pointe dans leurs secteurs. Les entreprises évoluent donc dans des environnements réactifs qui les forcent dans une dynamique de flexibilité et de changement forte pour survivre dans leur marché. En effet, dès lors qu'une entreprise évolue dans un cadre concurrentiel, son objectif est d'au moins conserver sa position et pour cela elle doit améliorer sans cesse sa productivité et par là sa compétitivité. De plus, les clients et les consommateurs deviennent de plus en plus exigeants envers les produits et les services proposés par les industriels impliquant une réduction des temps de cycle et de la durée de vie des produits. Tous ces nouveaux enjeux rendent le changement permanent et omniprésent dans l'entreprise.

De plus, la production de bien n'est plus à elle seule le facteur différenciant mais l'ensemble de l'organisation de l'entreprise doit s'orienter vers une satisfaction du client et une meilleure réponse à la stratégie de l'entreprise. En particulier, l'entreprise évolue dans un monde où l'information est de plus en plus un facteur de compétitivité. Les moyens mis à sa disposition par le développement des technologies de l'information deviennent un facteur clé de succès. Ainsi, Les enjeux ne sont donc plus uniquement d'améliorer la production mais de faire concourir l'ensemble de l'entreprise vers un objectif commun.

Le milieu de la microélectronique n'est pas en reste, il est fortement concerné par la dynamique de ces transformations. Nous allons donc nous intéresser plus particulièrement à ce domaine dans lequel se sont déroulés nos travaux.

I.2 Le contexte de la microélectronique

I.2.1 Le domaine de la microélectronique

L'industrie de la microélectronique se caractérise par un double défi : une évolution rapide des technologies des semi-conducteurs qui nécessite des investissements lourds pour une durée de vie des produits courte, et une fluctuation du marché sur des cycles de 5 à 7 ans rendant délicates les prévisions de charge et de production.

Le secteur de la microélectronique est un secteur central de l'économie mondiale. Il y a joué un rôle directeur depuis quarante ans. Bien que soumis au marché mondial, il possède aussi une économie cyclique propre. Il est donc entièrement soumis aux aléas de la demande mondiale et de son propre cycle tout en étant contraint par des délais et coûts de recherche et de production particulièrement importants. Ces deux caractéristiques font de la

microélectronique un secteur industriel particulièrement soumis à l'aléa. Il en résulte une hiérarchie mondiale traditionnellement très mouvante et actuellement caractérisée par une forte tendance à la concentration et à la diversification des métiers [Saunier 03].

Au niveau technologique, La loi de Moore¹ qui s'est jusqu'à présent à peu près vérifiée (le premier microprocesseur contenait 4 000 transistors, les plus récents en regroupent, sur une même surface, près de 80 millions) a depuis trente ans imprimé une dynamique impressionnante au secteur.

La loi porte en elle-même ses limites avec la croissance exponentielle des coûts de fabrication, c'est-à-dire de recherche, de développement technologique et de production. La complexité croissante de la technologie et donc l'important accroissement des coûts de la construction de nouvelles usines impliquent une migration des métiers vers des sociétés plus spécialisées. A titre d'exemple, la fonderie de silicium MOS2 de Motorola fut construite en 1974 pour 4 million \$US alors que son usine la plus récente lui a coûté plus de 1,7 milliard \$US, soit 424 fois la somme payée en 1974 [Digiplan 02]. Il faut aussi savoir qu'un processus de production d'un composant dure environ 8 semaines et comprend plus de 300 étapes de fabrication (pour plus d'information concernant la microélectronique, voir Annexe 1).

Selon la Roadmap² de 1999, la résolution à 0,13 μm était annoncée pour 2002. Cette technologie est aujourd'hui maîtrisée par les grands fabricants. Le passage de 0,18 μm à 0,13 μm permet de limiter la consommation en énergie, de réduire les coûts et d'augmenter les volumes de production. Une autre voie d'amélioration de la productivité est l'augmentation du diamètre des plaques de silicium utilisées pour la fabrication des microcircuits. En augmentant le diamètre de 200 mm à 300 mm, cela permet de réduire le coût de production de chaque microcircuit de l'ordre de 30 %.

Pour toutes ces raisons, les sociétés de fabrication de semi-conducteur recherchent de plus en plus des partenariats pour mettre en commun des sites de production. Ce changement de « business model » implique l'adaptation des processus métier de chacun des partenaires pour permettre cette mutualisation des moyens de production. Il est donc primordial pour les entreprises de savoir faire ces évolutions de la façon la plus efficace et la plus rapide possible.

Pour résister dans ce contexte, les entreprises du secteur de la microélectronique doivent se positionner dans une dynamique du changement en rapport avec les évolutions technologiques, basée sur la pertinence des investissements et une réponse rapide aux marchés.

¹ La **Loi de Moore** a été exprimée en 1965 par *Gordon Moore*, ingénieur de *Fairchild Semiconductor*, un des deux fondateurs d'Intel. Elle indiquait que la *complexité des semiconducteurs proposés en entrée de gamme* doublait tous les ans depuis 1959, date de leur invention. Cette augmentation exponentielle fut rapidement nommée *Loi de Moore* ou, compte tenu de l'ajustement ultérieur, *Première loi de Moore*.

En 1980, Moore énonça une seconde loi selon laquelle le nombre de transistors des microprocesseurs (et non plus de simples circuits intégrés moins complexes car formés de composants *indépendants*) sur une puce de silicium double tous les dix-huit mois. Même s'il ne s'agit pas d'une vraie loi physique, cette prédiction s'est révélée incroyablement exacte (source *Wikipedia*).

² Le *Roadmap* pour les semiconducteurs, publié par Sematech, est une publication passant en revue les technologies nécessaires dans le temps pour produire des microcircuits toujours plus miniaturisés, plus rapides et moins chers. Celle-ci sert à la fois de référence pour les fabricants de semiconducteurs et de guide pour les fournisseurs d'équipements, de matériels et de logiciels. Elle offre aussi des objectifs précis aux chercheurs pour les années à venir. Ce *Roadmap* est étroitement lié à la loi de Moore qui prévoit le doublement tous les 18 mois du nombre de transistors par microcircuit et du nombre d'instructions par seconde exécutées par un processeur. Mais elle porte aussi sur la fonctionnalité, l'énergie et les coûts par fonction.

I.2.2 La place du système d'information

La microélectronique travaille à des dimensions où l'homme seul ne peut plus intervenir. Dans ce cadre, il doit faire appel à des outils industriels et informatiques très pointus. Ces outils sont autant de facteurs de succès qu'il est nécessaire de prendre en compte de façon poussée dans une gestion du changement. Dans des secteurs technologiques comme celui-ci, l'informatisation est omniprésente pour assurer le bon fonctionnement de l'entreprise. Le système d'information doit donc gérer d'importants et complexes volumes d'informations à la fois utiles pour le fonctionnement interne mais aussi lui permettant de communiquer avec l'extérieur.

[Le Roux 04] souligne aussi que le système d'information est fortement lié aux évolutions stratégiques de l'entreprise, qui entraînent l'apparition de nouvelles activités, de nouveaux acteurs, objets métiers et processus. Dès lors, l'évolution du système d'information devient, notamment dans le domaine de la microélectronique, un point clé de la gestion du changement. Etant donné sa complexité, le système d'information est donc un levier critique qu'il convient d'inclure de façon particulière dans une réflexion sur la gestion de l'évolution de l'entreprise.

Le CIGREF [CIGREF 03] souligne les effets des transformations de prévisions stratégiques sur l'organisation du système d'information : « A une époque où les changements étaient certes importants mais relativement peu fréquents, il était raisonnable d'envisager la construction d'un nouveau système d'information. Aujourd'hui, les entreprises sont dans une situation où :

- Les changements sont devenus la règle. Les entreprises doivent pouvoir réagir rapidement aux mouvements du marché, à la versatilité des besoins clients, aux évolutions des métiers des utilisateurs, à l'évolution des technologies...
- La prévisibilité des changements extérieurs se réduit, dans un monde concurrentiel soumis notamment aux effets des modes. Les stratégies de communication des différents acteurs rapprochent de plus en plus l'horizon des changements envisageables.
- L'horizon temporel des évolutions de l'entreprise est lui aussi raccourci : il est dorénavant difficile de faire une prévision et de la maintenir telle quelle sur du long terme ».

Ces remarques mettent en avant la place particulière occupée par le système d'information aujourd'hui dans l'entreprise notamment dans le domaine de la microélectronique. [Rivard 02] souligne aussi que confrontées à la nécessité d'engager d'importants projets de changement, les entreprises constatent que le système d'information est fréquemment un facteur-clé de réussite. Il fait maintenant partie du système nerveux de l'entreprise et doit être considéré comme tel dans une démarche de gestion du changement.

I.3 Notre interlocuteur industriel - STMicroelectronics

La société STMicroelectronics est une société multinationale franco-italienne, présente en Europe, en Afrique, en Amérique et en Asie, spécialisée dans le domaine de la microélectronique. Elle est l'un des leaders mondiaux (3^{ème} rang mondial au niveau des ventes en 2001) dans le développement et la fabrication de solutions semi-conducteurs. Elle offre plus de 3000 types de produits à plus de 1500 clients grâce à ces 50 000 employés.

STMicroelectronics est implantée sur 16 sites de fabrication, et notamment sur le site de Rousset (13) et possède sur ce site deux usines de production en 6'' et en 8'' (correspondent à la dimension des plaquettes de silicium utilisées pour la production), pour la partie Front End (première partie de la production qui consiste au travail du silicium) et des ateliers de test (EWS) – Voir Annexe 1.

Cette thèse CIFRE s'est déroulée en collaboration avec la société STMicroelectronics sur le site de Rousset. L'équipe « Architecture & Industrialisation » au sein du département « Manufacturing Application Systems » a été notre interlocuteur industriel.

Cette équipe a pour missions : (i) de définir la stratégie sur les évolutions de l'architecture globale de la plateforme informatique supportant le manufacturing (c'est-à-dire aux applications liées à la fabrication), (ii) de valider les projets avant livraison et (iii) de participer à la définition de standards. En particulier, les problématiques d'intégration des applications sont au centre de plusieurs projets de ce groupe. Ils ont pour but d'améliorer la flexibilité et la robustesse du système d'information. Ces travaux ont mis en évidence l'importance de la formalisation du lien entre la gestion du système d'information et les besoins métiers afin de construire des solutions pertinentes. La problématique du changement devient dès lors une préoccupation quotidienne de cette équipe.

II. La problématique

L'entreprise doit s'adapter à son environnement. Celui-ci a donc un impact important sur le comportement de l'entreprise. La stabilité, la complexité, la diversité des marchés dans lesquels évolue l'entreprise vont influencer sa manière de fonctionner. La stratégie de l'entreprise est donc en constant réalignement avec les modifications de l'environnement afin de définir les capacités de l'entreprise dans le futur. La réussite d'une entreprise dépend d'abord de sa capacité à adapter aisément et rapidement ses processus opérationnels aux mutations rapides de son environnement et de ses orientations stratégiques.

Les besoins d'évolutions partielles du système d'information sont fréquents et la gestion de l'évolution doit dorénavant être considérée comme une caractéristique permanente du système d'information. L'évolution constante des métiers et des techniques en a complexifié la gestion. Dans cette optique, il est nécessaire de se doter de méthodes et d'outils formels spécifiquement adaptés au métier de la microélectronique et servant de support à l'ingénierie du système d'information.

Dans ce cadre, la thèse a pour but de contribuer à une meilleure maîtrise des processus d'évolution du système d'information et à un meilleur support des prises de décision. L'objectif n'est pas de définir une méthodologie de conception du système d'information mais bien de définir une méthodologie de gestion de l'évolution du système d'information prenant en compte un existant, tant au niveau des technologies que de l'environnement organisationnel.

Il est important de souligner que l'ensemble des éléments de l'entreprise doit s'orienter vers un objectif commun. L'objectif n'est plus d'optimiser l'ensemble des parties mais bel et bien d'optimiser le fonctionnement de l'ensemble [Hammer 93]. Cette prise de conscience nécessite la mise en place d'un travail de coopération et de coordination entre ces éléments. Tous les services de l'entreprise doivent s'appuyer sur des vues d'ensemble afin d'avancer dans la même direction stratégique.

Nos travaux s'orienteront donc sur deux champs de recherche : la gestion de l'évolution de l'entreprise et le système d'information. Ils visent à fournir une méthodologie et des outils formels pour gérer l'évolution du système d'information. Notre travail est structuré selon trois axes :

- Une méthodologie basée sur une vision globale de l'entreprise en s'appuyant sur les processus métier. Elle fournira un cadre conceptuel permettant de gérer les évolutions du système d'information.
- Une représentation dédiée du système d'information qui s'appuiera sur la définition d'un méta-modèle spécifique à notre problématique.
- Des outils appuyés sur la représentation du système d'information. Ils fourniront l'aide à la décision nécessaire aux managers de l'entreprise pour gérer à la fois par anticipation et par réaction les évolutions du système d'information.

L'ensemble de ces travaux devra bien sûr pouvoir être mis en œuvre de façon opérationnelle dans le contexte de l'entreprise.

III. Plan de lecture

Cette thèse est structurée en trois grandes parties qui sont reprises dans la figure I.1.

La première partie est composée de deux chapitres dont celui-ci afin de positionner la problématique de nos travaux. A partir de l'analyse du contexte industriel, nous avons fait émerger la problématique de la gestion de l'évolution de l'entreprise. En s'appuyant sur un état de l'art, nous reviendrons sur les problématiques de la gestion de l'évolution afin de préciser notre positionnement et notamment vis-à-vis de méthodes d'urbanisme du système d'information. Puis, l'état de l'art s'intéressera aux méthodes de modélisation d'entreprise et de gestion des processus que nous utiliserons comme outils dans nos travaux.

La deuxième partie est consacrée au développement de notre méthodologie et des outils qui lui sont associés. Le chapitre III présente la démarche méthodologique que nous avons nommée urbanisme organisationnel des systèmes d'information. Il détaille les bases de notre approche en explicitant les étapes de la méthodologie et en soulignant celles sur lesquelles nous avons plus spécifiquement développé des outils. Ceux-ci sont développés dans les chapitres IV et V. Le chapitre IV détaille le méta-modèle spécifique que nous utiliserons pour la modélisation d'entreprise dans le cadre de notre démarche. Le chapitre V montre comment, en se basant sur ces modèles, nous avons construit des regroupements de processus pertinents pour la gestion de l'évolution de l'entreprise. Le chapitre VI explique les diagnostics du système d'information que nous avons bâtis à partir des outils développés dans les chapitres précédents afin d'aider les managers à gérer l'évolution sur des analyses formelles.

La troisième et dernière partie est consacrée à la mise en pratique de notre approche et de ces outils au sein de la société STMicroelectronics. Cette étude de cas montre l'application des outils dans un contexte industriel. La conclusion reprend le déroulement de notre démarche pour en souligner les apports et les limites ainsi que les perspectives de suites à nos travaux.

Le document est complété par deux annexes. La première annexe constitue une introduction à la microélectronique et à ses procédés de fabrication. La seconde annexe revient sur deux méthodes permettant d'évaluer la maturité des processus des services informatiques des entreprises.

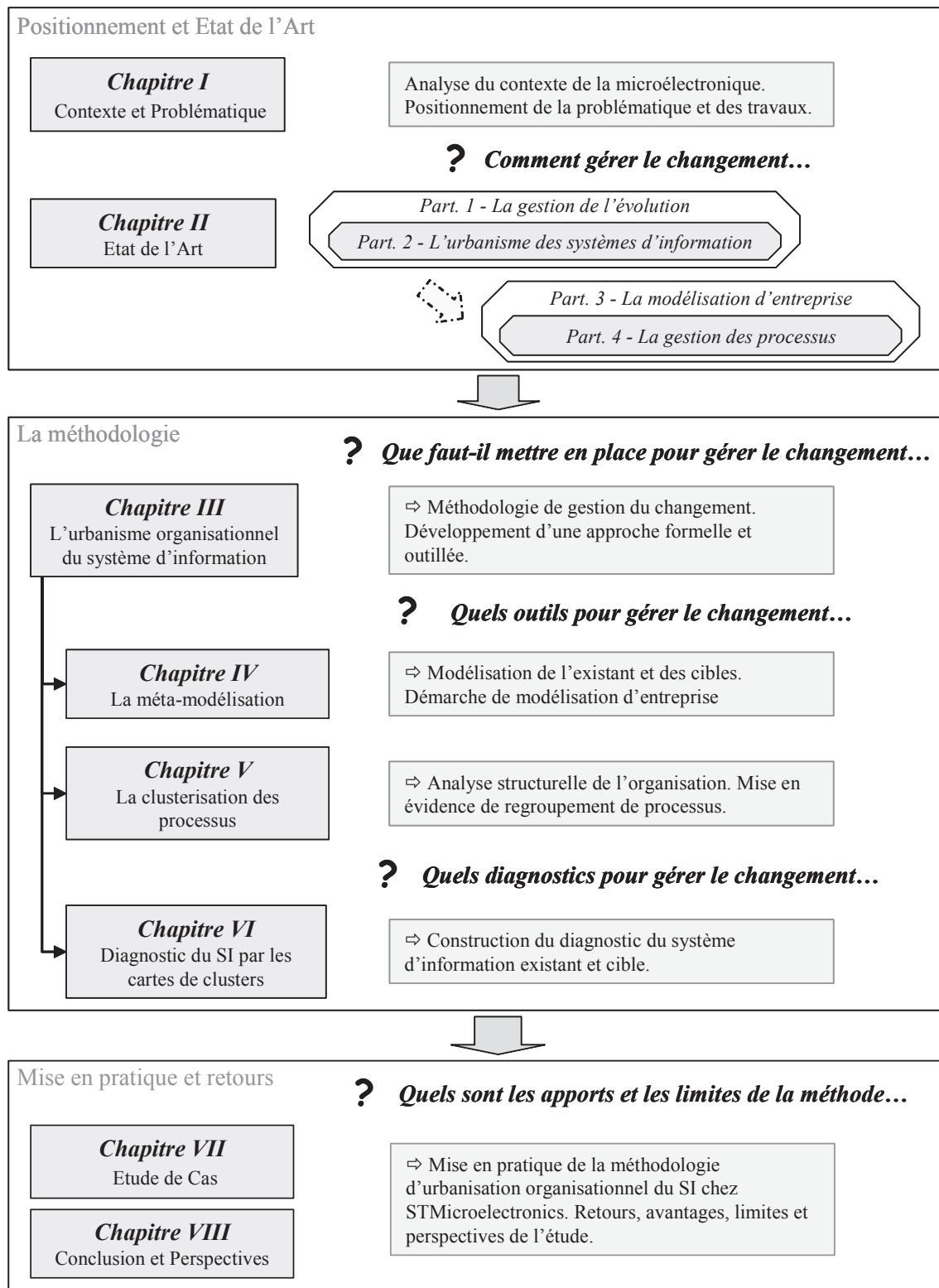


figure I.1 : Plan de la thèse

Chapitre II

Etat de l'Art

I. Introduction à l'état de l'art

Dans l'introduction générale qui précède, nous avons fait émerger la problématique de la gestion de l'évolution de l'entreprise. L'objectif de ce second chapitre est d'introduire les éléments de l'état de l'art qui se rapportent à notre problématique et de mettre en exergue les points sur lesquels nos travaux pourront s'appuyer. Il est structuré en cinq grandes parties.

La première partie de cet état de l'art revient sur la notion de gestion de l'évolution des entreprises. Avant toute chose, il est essentiel de s'interroger sur les développements existants liés à cette problématique.

La seconde partie fait un point sur les méthodologies d'urbanisme du système d'information. Ces méthodologies appartiennent aux méthodes de gestion de l'évolution mais nous verrons plus particulièrement comment celles-ci nous serviront dans le développement de notre méthodologie. Nous en dégagerons alors les manques qui justifient l'orientation de nos travaux.

Les deux parties suivantes adressent les outils que nous utiliserons dans notre méthodologie et qui ont déjà fait l'objet de nombreux développements. Les approches de modélisation d'entreprise utilisées dans les méthodologies d'ingénierie du système d'information fournissent des bases essentielles pour obtenir une représentation de l'entreprise. De plus, nous montrerons comment les approches de gestion par les processus sont désormais indispensables à la gestion du changement.

Une dernière partie fera la synthèse de ces quatre états de l'art afin de positionner notre travail. Nous montrerons alors les manques dans les méthodologies actuelles face à la problématique industrielle dont est issue ces travaux. Nous dégagerons ensuite les axes de recherche de notre travail.

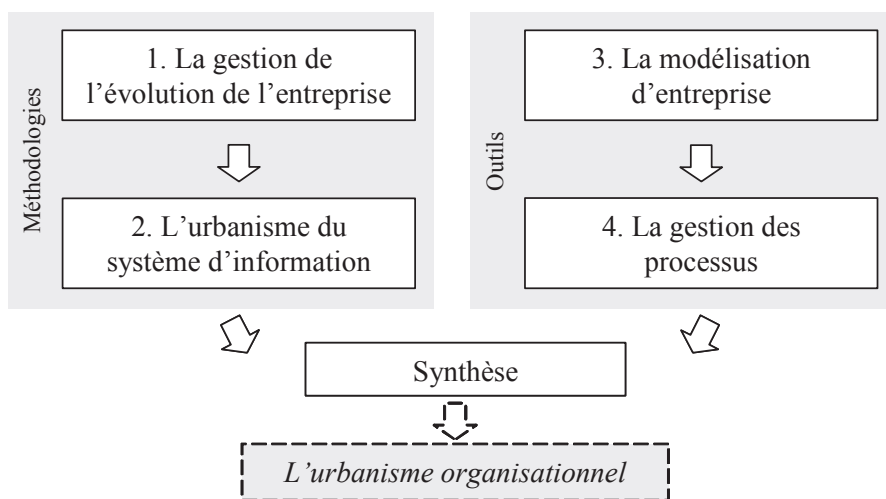


figure II.2 : Plan du chapitre II

La gestion de l'évolution dans l'entreprise

Le changement est présent dans le cycle de vie des systèmes complexes, notamment dans les organisations. L'entreprise est un système sociotechnique qui est soumis à une évolution permanente. Ces évolutions interviennent à des rythmes et des fréquences propres à chaque système et leurs origines peuvent provenir de leur environnement ou d'une volonté de changement du système lui-même.

Conduire le changement a toujours été un enjeu important de l'entreprise. Aujourd'hui plus que jamais, la course effrénée à la performance dans laquelle elle est lancée l'oblige à être toujours plus rapide, plus réactive, plus innovante que les autres. Conduire le changement dans l'entreprise, ce n'est pas simplement aller du point A vers le point B, mais instaurer aussi un état de « changement permanent », ce qui suppose des organisations flexibles et des comportements d'adaptation, de réactivité et d'anticipation.

Dans cette partie de l'état de l'art, nous reviendrons sur les concepts généraux de la gestion du changement, les différents types d'évolution dans les entreprises puis sur les méthodes de gestion de l'évolution.

I. Concepts généraux

Le changement est une notion interne inhérente aux systèmes vivants. La théorie de Darwin³ sur l'évolution par la sélection naturelle se fonde sur la compétition entre les jeunes de chaque espèce pour leur survie face aux contraintes de leur environnement. Les survivants, qui donneront naissance à la génération suivante, possèdent les caractéristiques naturelles qui leur ont permis de survivre. Ces caractéristiques sont transmises à leurs descendance, faisant de la nouvelle génération une génération mieux adaptée à son contexte.

Les entreprises sont elles aussi régies par des mécanismes d'adaptation à leur environnement. Ainsi, les défis qui sont imposés aux entreprises trouvent leurs origines dans la dynamique de leur environnement. Chaque entreprise évolue en concurrence avec d'autres entreprises sur un secteur ou un marché dans lequel elles doivent évoluer pour survivre. Les caractéristiques des entreprises évoluent dans le temps pour tendre vers des organisations adaptées aux problématiques du moment. Pour évoluer, l'entreprise doit développer des qualités d'autonomie, d'adaptation et de flexibilité qui sont les seules garanties de sa pérennité. [Landier 89] met en avant que les entreprises tendent à se développer en fonction de leur position relative à leur environnement. L'évolution va nécessairement dans le sens d'une complexité croissante dans l'organisation interne et dans leur rapport avec l'environnement. L'aptitude à la survie, dans un environnement évolutif, est conditionnée par la rapidité avec laquelle elles se montrent capables de s'adapter correctement.

Inévitablement, l'environnement ou la concurrence se transforme et force l'entreprise à évoluer pour survivre ou s'éteindre. Le changement peut se définir comme « un processus dynamique qui crée une différence dans un système entre un instant t et un instant $t + 1$ ». [Bériot 1992]. De même, [Yatchinnowsky 99] considère que « tout changement est un processus : entre l'état de départ et l'état d'arrivée, il y a un chemin à parcourir ». Pour faire face à la sélection du marché et de la concurrence, l'entreprise choisit une stratégie

³ Charles Darwin. « L'origine des espèces au moyen de la sélection naturelle ou la lutte pour l'existence dans la nature », Editions Reinwald, Paris, 1876.

d'évolution et cette stratégie d'évolution doit se traduire par une conduite du changement pour permettre à tout l'organisme d'adhérer à cette orientation.

II. Les différents types de changement

II.1 Les origines du changement

Le changement est un phénomène interactif entre un acteur, un système et un environnement. Ce phénomène est déclenché par un stimulus provoquant un écart, un décalage, une rupture ou un déséquilibre [Raynal 96]. Cinq facteurs sont habituellement avancés pour justifier l'initialisation d'un processus de changement [Krasensky 06] :

- La stratégie, lorsque l'entreprise adapte ses structures à un changement de stratégie dû à une évolution du marché (comportement de la clientèle, actions de la concurrence...), à une modification de l'actionnariat, à une évolution de la législation ou à la réglementation...
- La culture, lorsque les valeurs de l'entreprise évoluent en profondeur.
- Le pouvoir, lorsque le fonctionnement de l'entreprise nécessite d'être adapté aux forces et pouvoirs en place ou lorsque l'entreprise souhaite mettre en place les typologies de relations qu'elle désire promouvoir.
- L'organisation, lorsque les structures et procédures sont inadaptées à la configuration générale. Un changement d'ordre organisationnel est une transformation perceptible du fonctionnement de sa structure et de son mode de production.
- La technologie, lorsque l'entreprise adapte ses structures aux évolutions externes de la technologie. Un changement technologique influence de façon perceptible les modes de production, les méthodes de travail ainsi que l'organisation du travail, c'est-à-dire les processus de production, les tâches, les compétences nécessaires et la formation. Un changement technologique s'insère souvent à l'intérieur d'un changement organisationnel, mais il peut aussi s'exercer seul.

Au final, c'est le degré de réponse ou d'anticipation interne aux mutations de ces facteurs, en corrélation avec la flexibilité propre du système considéré, qui génère l'importance et la durée du changement. La motivation du changement (réaction à une situation difficile, saisie d'une opportunité ou décision stratégique) conditionne aussi le contenu et le déroulement du changement.

II.2 Le changement par anticipation

Non seulement le changement peut prendre de multiples visages, mais, son mode d'intégration peut suivre différentes formes. Il peut faire l'objet d'une réflexion qui conduit à l'intégrer par blocs à partir d'une modification de stratégie (c'est l'évolution « big bang »), ou alors se dérouler au fil de l'eau, selon des mécanismes d'évolution continue. Le changement dans une entreprise est une combinaison adroite entre ces deux approches. Le progrès continu dans la performance est le complément de l'innovation de rupture et des grands choix stratégiques.

Au cours de leurs évolutions, les entreprises sont confrontées à des changements plus ou moins importants. Ils peuvent être globaux ou partiels, lents ou rapides. En général, lorsque le changement est global, il est souvent dit stratégique.

II.2.1 Le changement stratégique

Le lancement d'une réflexion stratégique peut être lié à une approche périodique de l'entreprise ou à un constat à un instant donné d'une nécessité particulière [Abou-Harb 03]. Dans le second cas, le contexte de mondialisation entraîne de plus en plus fréquemment de nombreuses fusions, acquisitions ou scissions d'entreprises. Dans les deux cas, la transformation du système est gérée à travers de larges étapes en terme de temps, et sur lesquelles les décideurs sont capables d'établir des prévisions fiables et pérennes [Malhéné 00].

L'origine du changement donne lieu à différents types de changements stratégiques. En effet, l'origine du changement peut être externe, étant ainsi en relation avec l'environnement de l'entreprise, ou interne (émanant, dans ce cas, soit d'une nouvelle vision stratégique, soit d'une conviction de la nécessité d'intégrer une forme d'innovation qui concerne le produit, le service ou même les procédés de production) [Calori 89].

Schématiquement, une approche par rupture sur plusieurs années produit une évolution avec des marches de progressions fortes qui suivent la mise en œuvre des changements, puis une lente érosion issue du manque de remise en cause du quotidien.

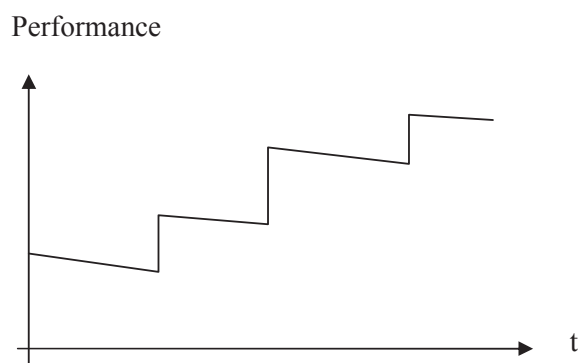


figure II.3 : Le changement radical [Abou-Harb 03]

Le changement stratégique est une approche top-down qui arrive de la direction puis redescend tout au long de la ligne hiérarchique pour la mise en œuvre du projet. Ces approches remportent plus facilement l'adhésion de l'encadrement mais des « pertes en ligne » plus ou moins importantes apparaîtront [Lefebvre 93]. Typiquement, les approches de re-engineering (BPr), qui consistent à repenser de façon radicale les processus de l'entreprise, correspondent à des changements stratégiques.

Les approches de changement stratégique permettent une avancée brutale de l'entreprise afin d'effectuer un bond dans les performances. En revanche, ces projets s'exposent à des risques importants tel que le dépassement des délais et des coûts, et le manque de cohérence face aux besoins, qui conduisent à de nombreux échecs.

II.2.2 L'amélioration continue

A l'opposé de l'aspect radical du changement stratégique ou du BPr, l'amélioration continue prône un effort constant en terme de changement et une participation active de l'ensemble des acteurs de l'évolution. L'amélioration continue est un mécanisme de stabilisation et de réglage des comportements, des usages et des systèmes, mais aussi de remise en cause constante de l'organisation afin de détecter au plus tôt les améliorations à apporter [Abou-Harb 03]. Le progrès continu porte notamment sur le coût, la qualité et le délai dans la réalisation des activités et sur leur combinaison en processus [Lorino 03].

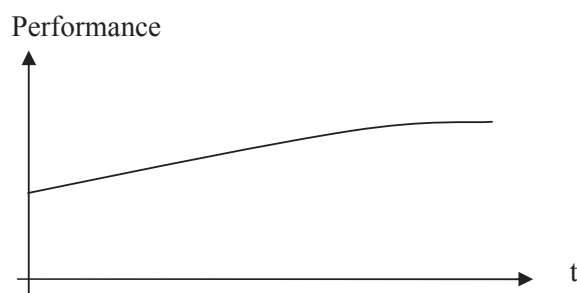


figure II.4 : L'amélioration continue

Les démarches de qualité totale [Marvanne 01] proposent des modes de management construits sur l'amélioration continue et notamment l'approche *kaizen*. En japonais, le mot "KAIZEN" signifie amélioration, améliorations sans gros moyens, en impliquant tous les acteurs de l'entreprise, des directeurs aux ouvriers et en utilisant surtout le bon sens commun. L'approche japonaise repose sur des petites améliorations faites jour après jour, mais constamment ; c'est une démarche graduelle et douce. Le *kaizen* est certes une démarche mais aussi et surtout une philosophie, un état d'esprit de l'ensemble des acteurs vers un but commun. Le *kaizen* est approche générique qui renvoie à toute une boîte à outils regroupée sous le *parapluie Kaizen* (voir figure ci-dessous).

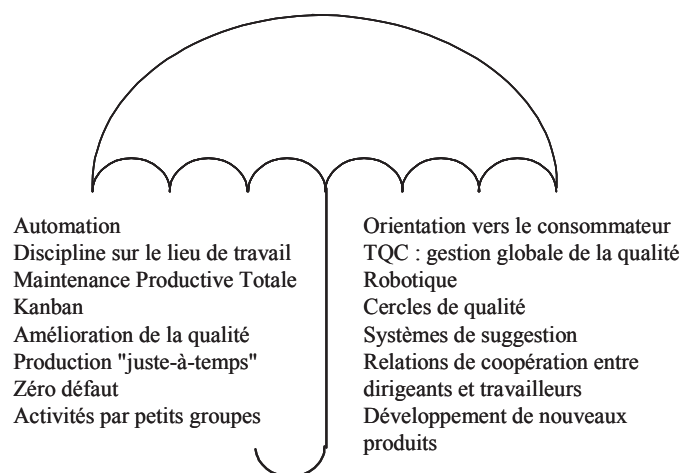


figure II.5 : Le parapluie Kaizen

Le *kaizen* mise sur l'intégration d'une structure d'amélioration à l'intérieur du processus de gestion quotidienne. Cette approche fait appel à la participation de tous pour diminuer et éliminer les causes des pertes dans les processus et dans l'organisation.

La pratique de l'amélioration continue se heurte à des limites et notamment à « l'asymptote des coûts ». Il arrive un moment où les techniques d'amélioration nécessitent des moyens démesurés pour des progrès infimes. Dès lors, pour progresser réellement, il ne suffit plus de faire mieux, il faut faire autrement et dès lors introduire des ruptures dans le mode de fonctionnement.

La vie de l'entreprise est une succession d'évolutions orientées par la stratégie de l'entreprise. Pour mener à bien cette évolution, l'entreprise doit être capable de mener à bien à la fois une amélioration continue mais également des projets menant à des ruptures. Cette combinaison, sans correspondre à des transformations radicales, difficiles à mener, fortement

consommatrices de ressources et comportant de grands risques, permet à l'entreprise une innovation. De plus, d'autres approches de la gestion du changement organisationnel montrent que désormais les entreprises ne sont plus caractérisées uniquement par ces deux états mais également par des changements de type endémique, à la fois rapides, fréquents et intenses [Vas 05].

II.2.3 Le changement par opportunité ou bottom-up

Face à une approche du changement stratégique, l'entreprise doit être à l'écoute des évolutions pouvant intervenir de la base, c'est-à-dire des acteurs de l'entreprise proches des problématiques opérationnelles ou des opportunités offertes par le marché. A l'inverse de l'approche stratégique, commencer par le bas engendre une adhésion plus forte du personnel mais aussi une méfiance plus grande de la part de la hiérarchie [Lefebvre 93].

Capter ces opportunités nécessite la mise en place d'un environnement propice à la mise en avant et à la valorisation des initiatives des acteurs de l'entreprise. De plus, ces opportunités sont issues du contexte local dans lequel elles émergent et doivent ensuite être intégrées dans le contexte global de l'entreprise.

II.3 Le changement par réaction

L'environnement actuel étant fortement instable et concurrentiel, il oblige les entreprises à s'organiser pour assurer leur réactivité face à des perturbations.

Une perturbation est définie par [Ayadi 98] comme « un événement imprévu et susceptible d'être gênant pour le système de production ». Les perturbations peuvent être de deux sortes [Megartsi 01]:

- les perturbations internes, générées par une rupture de fonctionnement due à un dysfonctionnement interne au processus et pouvant être de types organisationnels ou opérationnels.
- Les perturbations externes qui interviennent par le biais de l'environnement de l'entreprise (marché, législation, clients...).

Pour faire face à ces perturbations, l'entreprise doit accroître sa réactivité et sa flexibilité. [Ayadi 98] définit la réactivité comme « l'aptitude à utiliser efficacement la flexibilité disponible afin de réduire les délais liés à l'identification d'une perturbation, puis à l'exécution de l'acte appliqué pour y faire face ». En effet, l'entreprise ne peut plus anticiper toutes les évolutions de son environnement et doit être capable de réagir, c'est-à-dire d'identifier et de diagnostiquer l'existant puis de mettre en œuvre des solutions pour répondre à ces changements.

La réactivité se définit comme la capacité d'un système de production à percevoir des événements associés aux variations quantitatives et qualitatives de la demande, et à utiliser au mieux la flexibilité intrinsèque de ses processus et ressources, pour y répondre le plus efficacement possible. La réactivité industrielle est une performance relative, qualitative, reliée à trois performances locales : l'acuité (capacité à percevoir des changements), la flexibilité (capacité d'une ressource à traiter une grande variété de situations) et la fluidité (capacité d'un processus à intégrer des traitements modifiés dans ses flux) [Filipas 01].

III. Les méthodes pour gérer l'évolution

La gestion de l'évolution est un champ interdisciplinaire qui intervient dans de nombreux domaines d'étude. La diversité des disciplines qui ont pour objet de recherche l'évolution de l'entreprise a engendré de nombreux travaux. Nous retiendrons trois grands domaines fortement contributeurs de cette problématique :

- *L'économie et les sciences de gestion* : elles adressent plusieurs domaines tels que le changement organisationnel et les compétences [Oxtoby 02], [Larsen 02], [Lorenz 03], le pilotage des trajectoires organisationnelles ou des approches de conception et de réorganisation des organisations [Minzberg 82].
- *Les sciences humaines et sociales* : elles s'intéressent aux aspects humains de la gestion du changement, c'est-à-dire aux modes de management du changement, à l'apprentissage organisationnel, au lien avec la performance des entreprises, aux typologies des changements ou encore aux facteurs de résistance [Liu 89], [Crozier 92], [Zarifian 01], [Teixeira 02].
- *Les sciences pour l'ingénieur*, ou plus récemment le domaine des *STIC* (sciences et techniques de l'information et de la communication) : elles ont fourni de nombreuses démarches d'aide à la décision ou de support du processus décisionnel dans le cadre du pilotage de l'entreprise [Malhéné 00], [Théroude 02], [Bakir 03], [Villarreal 05]. Le système d'information est aussi considéré comme un instrument de la gestion du changement [Rolland 00], [Carvalho 02].

Dans le cadre de notre problématique, nous nous intéresserons au troisième domaine, dont les contributions adressent plus particulièrement le système d'information. Dans la suite, nous étudierons quels sont les leviers permettant de mettre en œuvre le changement dans l'entreprise, quels sont les différents horizons du changement et comment se déroule le processus de gestion du changement.

III.1 Les leviers du changement

L'étude générale que nous avons menée met en évidence principalement quatre leviers à actionner pour conduire le changement : le management, la structure, les systèmes, la culture [Autissier 03], [Grouard 04]. Ces leviers sont étroitement imbriqués et sont tous concernés par le changement.

Le **management** fait référence au mode et à la stratégie de gestion des hommes par les cadres dirigeants. Dans le cadre de la conduite d'un processus de changement, ce levier est à l'origine du processus et influence fortement sur le succès de son implantation. Il importe donc à la fois de veiller à la responsabilisation et à l'implication du management dans la conduite du changement.

La **structure** définit la manière dont les ressources d'une entreprise sont organisées. Elle établit la répartition en directions, divisions, départements ou services ainsi que la localisation de chaque entité. Cette segmentation et cette division de l'entreprise sont en pratique génératrices de nombreuses difficultés qui se situent aussi bien au sein de chaque partie qu'au niveau des interfaces. Les problèmes d'interfaces impliquent une gestion de la coordination de ces divisions qui auront un impact fort sur la réussite du changement.

Les **systèmes** définissent la manière dont les flux circulent formellement ou informellement dans la structure : flux d'information, de matières, de produits, d'argent, de ressources humaines... La réactivité d'une entreprise face à son environnement est très dépendante de ses

systèmes qui influent directement sur ses prises de décisions, sa fluidité et sa capacité de mobilisation.

La **culture** est l'ensemble des valeurs durables et partagées par tous les membres d'une entreprise. Elle fait référence aux sentiments d'appartenance à une structure de valeur et de bases communes (sociales, professionnelles et de management). C'est un levier fort souvent sous-exploité dans la gestion du changement.

L'ensemble de ces leviers doit être actionné tout au long du processus de changement organisationnel.

III.2 Le processus de changement organisationnel

Le changement organisationnel a pour objectif la transformation des manières de produire dans le but de les améliorer, tant au point de vue des ressources humaines que techniques. Il correspond à un processus d'introduction d'un changement dans l'entreprise. Ces changements vont des changements marginaux à des changements fondamentaux, à grande échelle ou transorganisationnels.

Le changement organisationnel englobe les procédés de production (gestion de la qualité, lean management, BPr), les méthodes de gestion (travail en équipe, formation, travail et rémunération flexibles) et les relations extérieures (externalisation, relations avec la clientèle, constitution de réseaux).

La gestion du changement est généralement divisée en trois étapes : la définition du changement, sa mise en œuvre et sa consolidation. La définition consiste à explorer, analyser et comprendre une situation de changement dans le contexte d'une organisation, à définir et évaluer les solutions possibles. La seconde étape consiste à implanter le changement dans l'organisation selon la(les) stratégie(s) de mise en œuvre choisie(s). La consolidation du changement garantit son assimilation par l'organisation. Ces trois étapes forment le cycle de vie d'un processus de changement organisationnel [Nurcan 02].

Pour faciliter la réalisation de ces étapes, la plupart des approches de conduite et gestion du changement organisationnel proposent l'utilisation de modèles comme support de raisonnement [Goepp 04], s'appuyant notamment sur la structuration présentée dans la figure II.6.

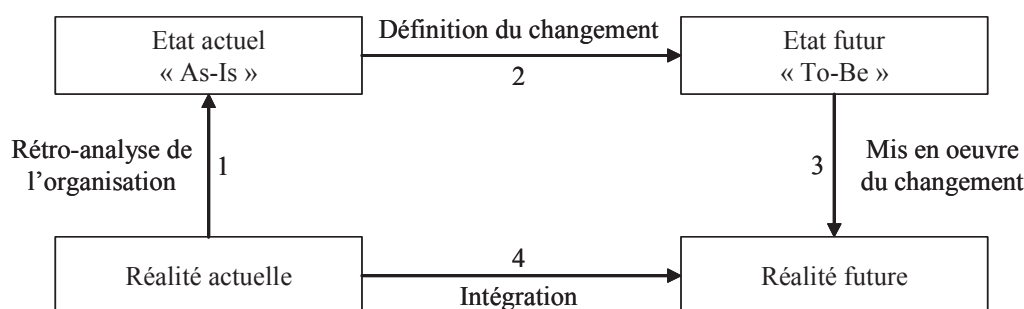


figure II.6 : Le processus de changement organisationnel [Jackson 95]

L'étape de rétro-analyse (1) permet de connaître et d'analyser la situation organisationnelle à l'instant t et de la représenter à travers un *modèle* appelé « As-Is ». L'étape de définition du changement (2) permet de définir l'état futur du système représenté par le *modèle* « To-Be ».

Au final, le changement est mis en œuvre en respectant les exigences organisationnelles décrites dans le *modèle* « To-Be » (3) et en considérant le contexte organisationnel présent et intégrant les systèmes « hérités » (4). [Nurcan 03] propose aussi de rajouter une étape supplémentaire en (2) afin d'identifier les scénarii alternatifs permettant d'atteindre l'état futur.

L'objectif de l'ensemble de ces modèles est d'apporter de l'aide à la décision pour orienter le changement. [Nurcan 03] propose d'analyser ces modèles au niveau intentionnel, c'est-à-dire en fonction des objectifs. Cependant, les développements d'outils autour de ces étapes du changement restent faibles.

III.3 Les différents horizons du changement

Les différents horizons du changement sont des découpages permettant de structurer les aides à la décision orientées vers l'anticipation et la gestion à long terme des évolutions.

Le concept de déploiement stratégique démontre que l'évolution d'une entreprise nécessite une importante planification stratégique dont l'objectif est d'une part, de définir des objectifs d'évolution à un niveau long terme pour l'entreprise et d'autre part, de traduire ces objectifs sur des horizons temporels plus réduits, adaptés à la définition des découpages organisationnels et de l'individu. La cohérence entre ces objectifs et les actions mises en œuvre est un facteur important de la performance de l'entreprise [Berrah 00]. Le déploiement de la stratégie tend donc à montrer que le processus d'évolution d'une entreprise se décline sur plusieurs niveaux de gestion, du stratégique vers l'opérationnel, sous peine de voir émerger une multitude de projets aux objectifs éparés qui ne concourent en aucune façon à l'atteinte des objectifs de l'entreprise.

Le pilotage stratégique, lié à la notion de stratégie d'entreprise, se définit comme le niveau de conduite dédié à la maîtrise de l'évolution de l'entreprise [Prosper 00]. Il définit des orientations à long terme pour l'entreprise et donc le cadre de son évolution. C'est ce niveau qui peut engendrer des changements profonds de l'entreprise et qui conduira son évolution.

La stratégie doit être ensuite déclinée en objectifs. Le niveau des objectifs est un niveau opérationnel [Lefebvre 93]. Un objectif se définit par un résultat attendu, clairement identifiable. Ce résultat n'est pas toujours mesurable, mais il doit pouvoir être décrit avec précision ; il s'agit toujours d'un écart avec la situation actuelle. Ils peuvent se succéder dans un ordre logique et chronologique (l'enchaînement des actions correspondantes exprime alors une stratégie).

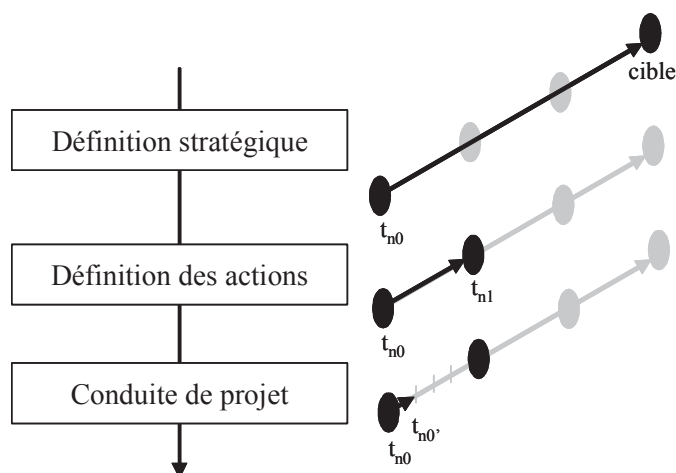


figure II.7 : Trois niveaux de gestion de l'évolution [Malhéné 00]

Les objectifs permettent de définir la cible du système d'information. Pour [Malhéné 00], cette définition est prise en charge par le niveau stratégique (voir figure II.7). La cible correspond à un état « idéal » pour le système à un instant t . La définition de la cible permettra notamment de comparer l'existant « As-Is » avec la cible « To-Be ». La cible est mouvante dans le temps puisqu'elle évolue en fonction des objectifs, des opportunités et des transformations apportées dans le système d'information

La définition des actions correspond alors à la trajectoire à suivre pour atteindre la cible. Ce niveau définit les étapes pour évoluer d'un état à un autre, en définissant les différents projets à mettre en œuvre. Il peut exister plusieurs scénarii alternatifs pour atteindre une même cible. [Gourc 01] parle d'un niveau de management des projets qui, pris en charge par un comité de pilotage, doit s'assurer de faire les bons projets et garantir la coordination entre eux s'ils présentent des interactions.

Le dernier niveau est le plus opérationnel et correspond à la conduite de projet. La période de temps est plus courte et correspond à la mise en œuvre des projets choisis pour atteindre les objectifs définis aux niveaux supérieurs.

III.4 Gérer l'évolution du système d'information

Le processus de gestion de changements organisationnels concerne tous les pans de l'entreprise. Dans notre cas, nous nous intéressons plus particulièrement à la gestion de l'évolution de son système d'information. La plupart des méthodes actuelles pour gérer l'évolution du système d'information sont issues du génie logiciel et sont basées sur sa conception et son développement.

Le développement d'un système d'information répond traditionnellement à une succession d'étapes qui s'enchaînent séquentiellement en affinant les actions d'analyse et de réalisation pour se rapprocher des besoins qu'ont les utilisateurs. A l'étape d'étude préalable (étude de faisabilité, étude de l'existant) font suite des étapes d'analyse, de conception et d'implémentation. Une fois le système d'information opérationnel, une nouvelle étape prend place, celle du suivi et de la maintenance. La maintenance a pour but de conserver les objets dans un état où leurs fonctionnalités répondent aux exigences technico-fonctionnelles de leurs utilisateurs.

Or, la problématique de la gestion de l'évolution du système d'information s'attache à faire évoluer un système d'information existant, qu'il faut prendre en compte et qu'il n'est pas envisageable ni d'arrêter, ni d'en dégrader le fonctionnement de manière pénalisante pour l'activité de l'entreprise.

Des travaux sur l'ingénierie des besoins prennent cette problématique de l'évolution en compte dans les phases de conception [Grehag 01], [Rolland 04]. Malgré tout, ces méthodes se situent en amont de la gestion de l'évolution du système d'information aidant « uniquement » à le spécifier, à le construire ou encore à l'évaluer [Carvalho 02].

Actuellement, ce sont principalement les méthodes d'urbanisme du système d'information qui répondent à cette problématique. Elles ont pour objectif de le doter d'un nouveau potentiel d'évolution en le découpant en entités indépendantes. Ces méthodes seront reprises en détail dans la partie suivante.

IV. Conclusion

L'évolution d'une entreprise est une condition nécessaire pour assurer son maintien dans son environnement. L'évolution doit être conduite avec une volonté de développer les capacités de flexibilité et d'autonomie afin d'assurer l'adaptation de l'entreprise. Ces orientations doivent être des lignes directrices dans la définition et les choix de la stratégie de l'entreprise. Par exemple, l'évolution des systèmes impose une cohabitation de l'ancien et du neuf. Ainsi, les interfaces, qui sont les articulations des systèmes, doivent assurer une certaine souplesse pour apporter au système une capacité d'adaptation et d'évolution et assurer la cohabitation permettant une communication entre des systèmes divers. Ces caractéristiques issues des choix que peut faire l'entreprise deviennent dès lors une caractéristique du système.

Les méthodes que nous avons précédemment nous permettent de faire un panorama des domaines à prendre en compte : évolution par anticipation, par réaction, stratégique, continue... En effet, comme nous l'avons souligné, le changement est une caractéristique qui se décline à tous les niveaux de l'entreprise et dont il est nécessaire d'assurer la cohérence. La gestion du changement est une adroite combinaison de ces axes de changements. Chacun doit être associé à des outils et des méthodologies pour assurer une visibilité et une cohérence globale des évolutions entreprises. [Adesi 04] souligne explicitement les manques de méthodes d'aide à la décision et d'outillage dans ce domaine.

Notre problématique se situe au niveau de la gestion de l'évolution du système d'information. Les méthodes de conduite du changement s'intéressent principalement à l'implication humaine dans le changement et même si elles sont importantes à mettre en œuvre, elles ne constituent pas le cœur de notre problématique. Les autres méthodes présentées concernent principalement l'ingénierie des besoins, et nous avons souligné qu'elles ne répondent pas complètement à notre problématique.

C'est pourquoi nous proposons de développer la piste proposée par l'urbanisme du système d'information qui s'intéresse particulièrement à l'implémentation informatique du changement. Ces méthodes seront détaillées dans la prochaine partie.

L'urbanisme du système d'information

Les grandes entreprises sont de plus en plus informatisées. La performance de leurs systèmes d'information est donc de plus en plus liée à leurs avantages concurrentiels. Par conséquent, les responsables doivent comprendre le fonctionnement du système d'information sur lesquels ils fondent leurs activités pour posséder une vision complète de leurs domaines. L'urbanisme du système d'information s'attache à offrir un cadre conceptuel et une démarche permettant d'associer étroitement la stratégie de l'entreprise, les événements extérieurs qui la concernent et le système d'information sur lequel elle s'appuie pour exercer son activité. Les approches d'urbanisme visent à doter le système d'information d'une structure facilitant la prise en compte rapide des évolutions stratégiques et organisationnelles de l'entreprise, régulièrement appelée à s'adapter aux contraintes et aux enjeux propres des transformations de son environnement [Carvalho 02].

Nous allons tout d'abord nous intéresser à la métaphore choisie pour le nom de cette approche qui emprunte son nom à l'urbanisme des villes.

I. La métaphore de l'urbanisme

I.1 Similitudes ...

L'urbanisme se définit dans le Petit Larousse, comme « Science et techniques de l'organisation et de l'aménagement des agglomérations, villes et villages » et l'architecture comme « l'art de concevoir et de construire un bâtiment selon des parties esthétiques et des règles techniques déterminées ».

Cette nécessité de définir des règles de gestion de la ville est apparue lors du début de l'ère industrielle à la fin du 19^{ème} siècle. Ceci a eu pour conséquence un fort développement des villes [Contini 02]. Une cité répond à une « fonction » qui fonde sa nécessité et cette fonction évolue avec la mutation de la société. L'urbanisme règle la coexistence d'anciens organes de la cité avec des éléments « modernes », répondant aux nouveaux besoins « fonctionnels », souvent basés sur les technologies de l'époque (voies de communication, transports publics, concentration des centres administratifs,...). L'espace urbain doit donc être à même de s'adapter, se métamorphoser, évoluer pour répondre à des besoins émergents, du fait de la construction de nouveaux ensembles, de nouvelles zones d'urbanisme, de leurs architectures attendues, de la modification du tissu socio-économique, de nouvelles conditions de vie du citoyen. Tous ces aspects sont corrélés et s'influencent mutuellement les uns les autres. Il ne s'aurait y avoir d'évolution dans un domaine ou sur une partie de l'ensemble qui n'ait pas de répercussion sur le tout : la ville est un système des systèmes [Le Roux 04].

Dans la plupart des entreprises et des organismes, l'informatisation a déjà une histoire. Comme dans le cas d'une cité où les constructions successives expliquent le paysage actuel, le « système d'information » a été créé par les projets qui se sont succédés, et qui étaient à la fois marqués par les besoins et par la technologie d'une époque. Il présente lui aussi de nombreuses facettes, différentes vues corrélées qui induisent sa complexité.

Le parallèle avec le monde du système d'information s'appuie tout d'abord sur la similitude de la problématique : comment refaire, moderniser, comment profiter des avancées technologiques, sans faire table rase du passé, dans des limites de coûts maîtrisés en prenant en compte un existant complexe et composé de multiples systèmes et tout en continuant à fonctionner durant le changement.

I.2 ...et différences

Le concept d'urbanisme lui-même, dont la similitude avec la problématique du système d'information apparaît clairement, présente malgré tout des différences. La logique de l'information, qui vise au partage des représentations et des connaissances à travers les processeurs, les mémoires, les réseaux et les interfaces, est différente de celle d'une ville (logements, lieux de travail, voies de circulation, réseaux d'eau, d'énergie et de télécommunications etc.). De plus, l'utilisation du mot « urbanisme » dans la ville désigne l'espace géographique alors que le système d'information se situe dans un espace non physique si l'on excepte l'infrastructure. De même, l'urbanisme des villes place le bien-être des acteurs comme un objectif alors que dans l'urbanisme du système d'information, ceux-ci ne seront que les utilisateurs de cet outil plus agile.

II. Introduction à l'urbanisme

II.1 Définitions

L'architecture est un ensemble de principes, méthodes, techniques, règles esthétiques, règles de l'art, normes et standards utilisés pour construire des édifices.

L'urbanisme est l'ensemble des sciences, des techniques et des arts qui concourent à l'organisation, à l'aménagement et à l'évolution des espaces urbains, en fonction de conceptions et de données économiques, sociales et esthétiques, en vue d'assurer le bien-être humain et la qualité de l'environnement. Il met l'accent sur la recherche de l'organisation spatiale à atteindre.

Urbaniser, c'est transformer progressivement un lieu en agglomération urbaine.

L'urbanisme et l'architecture sont deux notions distinctes bien qu'étroitement liées. L'architecture renvoie à une construction. L'architecture est un concept centré sur l'édifice, sa structure et son style. L'urbanisme désigne une évolution. L'urbanisme est dédié à l'environnement, aux besoins des hommes et à la nécessité du savoir-vivre en société. Chaque édifice doit s'insérer parmi d'autres édifices. De ce point de vue, l'urbanisme n'est pas une technique mais une méthodologie. L'utilisation de la métaphore de l'urbanisme pour le système d'information nécessite de redéfinir ces concepts dans ce nouveau contexte.

L'architecture du système d'information est un ensemble de principes, méthodes, techniques, règles de l'art, normes et standards utilisés pour construire des applications.

L'urbanisme du système d'information définit les règles ainsi que le cadre cohérent, stable et modulaire auquel les différentes parties prenantes se réfèrent pour toute décision d'investissement dans le système d'information [Club 03].

Urbaniser le système d'information, c'est organiser la transformation progressive et continue du Système d'Information visant à le simplifier, à optimiser sa valeur ajoutée et à le rendre plus réactif et flexible vis à vis des évolutions stratégiques de l'entreprise tout en s'appuyant sur les opportunités technologiques du marché [Club 03].

II.2 Les objectifs de l'urbanisme du système d'information

L'entreprise évolue dans un environnement où la réactivité et la flexibilité du système d'information sont devenues un enjeu stratégique pour répondre aux défis d'un environnement économique de plus en plus volatile. L'urbanisme propose une approche globale du système d'information prenant en charge l'intégralité de l'entreprise et à laquelle

doivent contribuer aussi bien les responsables métiers que les informaticiens. L'objectif d'une démarche d'urbanisme est de disposer d'un système d'information structuré, évolutif, et performant. L'urbanisme s'inscrit dans une ingénierie du changement dont le but est d'adapter le système d'information aux besoins de l'entreprise. C'est une démarche de description de la contribution du système d'information à la création de valeur de l'entreprise, c'est-à-dire l'alignement du système d'information avec la stratégie de l'entreprise.

Comprendre et anticiper les évolutions du système d'information en regard de l'évolution de la stratégie d'une entreprise représente l'objectif de l'urbanisme. Le système d'information doit garantir une évolution cohérente et globale, intégrant les dimensions organisationnelle, technologique et métier. L'urbaniste doit soutenir le lien entre les processus métier et leur implémentation dans le système informatique.

L'urbanisme du système d'information consiste, à partir d'une connaissance de l'existant, à mettre en évidence et comprendre les lois de l'évolution du système d'information afin d'aider les organisations à maîtriser l'évolution de leur système d'information, et donc, in fine leur structure et leur finalité.

Son approche est de faciliter les évolutions et les migrations sans remettre en cause systématiquement l'existant et en se basant sur les opportunités offertes (technologiques, projets métiers...). L'approche actuelle est de rendre le système d'information agile, c'est-à-dire assurer son évolutivité (ou sa capacité à faire évoluer une partie), sa réactivité (ou sa capacité à évoluer rapidement face à de nouveaux produits ou à de nouvelles stratégies), sa cohérence (afin d'assurer sa qualité) et la réutilisabilité de ses composants.

L'urbanisme doit apporter une vision transversale du système d'information fournissant une vision globale à la fois à la maîtrise d'œuvre (informatique) et à la maîtrise d'ouvrage (métier) et renforcer la cohérence et la fiabilité des informations à partager entre les acteurs du système d'information.

II.3 Les acteurs de l'urbanisme

Les principaux acteurs de l'urbanisme sont les maîtres d'œuvre et les maîtres d'ouvrage du système d'information. Le maître d'ouvrage (MOA) est une personne morale (entreprise, direction etc.), une entité de l'organisation responsable de l'efficacité de son organisation, de ses méthodes de travail et donc en particulier de son système d'information. Elle fait appel à un maître d'œuvre (MOE) informatique pour obtenir les produits (logiciels, services et solutions) nécessaires à la réalisation de sa mission. Le MOA est client du MOE à qui il passe commande d'un produit nécessaire à son activité.

Les relations entre maîtrise d'ouvrage (MOA) et maîtrise d'œuvre (MOE) ont évolué dans le temps recherchant un équilibre. Ces deux fonctions, très longtemps cantonnées dans leur domaine doivent désormais très clairement repenser leur mode de fonctionnement pour aboutir à une collaboration et une meilleure compréhension des contraintes inhérentes à chacun des métiers [Longépé 02b]. Les approches d'urbanisme soutiennent la communication entre les MOE et les MOA en apportant une vision et un vocabulaire commun.

Pour aller plus loin dans cette nouvelle organisation, la création de nouvelles entités organisationnelles tel que des cellules d'urbanisme sont nécessaires. Ces cellules prennent en charge la méthodologie de l'urbanisme et ont notamment pour rôle de maintenir le référentiel de cartographie, de mettre à jour les règles d'urbanisme et de jouer les médiateurs et les experts entre les différents intervenants sur le système d'information. La direction de ces cellules d'urbanisme vise donc à améliorer la transversalité intrinsèque du système

d'information et doivent coordonner et faire converger les actions propres des différentes directions métier de l'entreprise.

III. La démarche d'urbanisme du système d'information

L'urbanisme est une démarche stratégique qui propose une vision globale permettant de coordonner les actions locales. L'approche consiste à dresser la cartographie complète du système d'information de manière à le représenter en blocs fonctionnels et flux d'information dans le but de le rendre flexible et ainsi pouvoir suivre les évolutions de la stratégie d'entreprise [Club 03], [Longépé 01]. A partir de cette approche, les dirigeants disposent d'un ensemble de cartes et de représentations pour analyser, construire et adapter le système d'information aux enjeux métiers de l'entreprise.

La démarche d'urbanisme du système d'information est un compromis entre une approche déductive qui souvent est bien formalisée et une approche plus opportuniste issue d'innovations qui peuvent survenir à tout niveau. L'approche déductive présume une démarche de type « top down ». L'approche déductive part de la stratégie de l'entreprise, elle en déduit pour chaque objectif stratégique les processus métiers à faire évoluer. Les modifications du système d'information puis du système informatique découlent de ces évolutions. L'approche opportuniste suppose une démarche de type « bottom up ». L'approche opportuniste consiste à intervenir sur un niveau pour en améliorer le fonctionnement. Cette opération peut faire émerger des opportunités de modification au niveau supérieur.

III.1 La méthodologie

Les travaux de l'urbanisme se répartissent sous la forme de trois approches complémentaires [Club 03] : l'urbanisme cadastral, l'urbanisme prospectif et l'urbanisme des projets qui sont détaillés dans les paragraphes qui suivent.

III.1.1 L'urbanisme cadastral

L'urbanisme cadastral a pour but de réaliser et de gérer la modélisation du système d'information (cartographies) en recueillant et en administrant les évolutions du référentiel d'entreprise tout en garantissant la qualité sémantique des données. L'objectif est de disposer d'une connaissance exhaustive du patrimoine applicatif existant et des processus de l'entreprise afin d'acquérir une vision globale et transversale du système d'information. Les outils obtenus sont les cartographies des processus et les cartographies applicative qui fournissent les vues métiers et informatiques du système. L'urbanisme cadastral est un moyen de capitaliser les connaissances sur le système d'information de l'entreprise. Cette étape nécessite de garantir la cohérence des modélisations et la traçabilité des informations recueillies et des modifications introduites.

Cette étape produit aussi la cartographie fonctionnelle. Ce modèle correspond à une vision urbanisée du système d'information et propose de décrire les visions fonctionnelle et applicative en trois niveaux :

- la zone,
- le quartier,
- le bloc (ou îlot).

Les principes suivis pour le découpage sont des principes de couplage faible (c'est-à-dire la minimisation des relations - données et traitements - entre éléments de la cartographie) et de cohérence forte (c'est-à-dire regroupement des éléments autour de concepts communs). L'objectif est de restructurer le système d'information en blocs autonomes construits sur les services fonctionnels qui supportent le métier. Ils représentent les invariants dans le temps du système d'information.

Les zones forment une famille homogène obéissant aux mêmes règles de construction et de couplage. Elles peuvent être découpées selon deux types de finalités : d'objets ou de traitement.

Chaque zone fonctionnelle est à son tour découpée en quartiers fonctionnels. Un quartier regroupe les fonctions relatives à un concept métier. Chaque quartier d'une zone fonctionnelle est enfin décomposé en blocs fonctionnels. Le bloc définit une place pour un système applicatif. On distingue les blocs fonctionnels informatisés et les blocs fonctionnels non informatisés. Les blocs fonctionnels doivent ensuite être reliés à la notion de blocs applicatifs.

Entre chaque module (zone, quartier, îlot, bloc) se dessinent des zones d'échange d'informations qui permettent de découpler les différents modules pour qu'ils puissent évoluer séparément tout en conservant leur capacité à interagir avec le reste du système.

L'urbanisme cadastrale fournit les référentiels qui permettent de faire communiquer les acteurs qu'ils soient métier ou informatique. Les modélisations sont les outils fondamentaux de la démarche et d'une bonne compréhension du système d'information dans sa globalité.

III.1.2 L'urbanisme prospectif

Les approches d'urbanisme se basent sur des outils explicitant le fonctionnement du système d'information existant et des outils permettant une analyse de ces sous-systèmes. L'urbanisme ne se limite pas à la production des modèles de l'entreprise mais propose une démarche autour de ces outils (définition de la stratégie, description et analyse de l'existant, définition de la cible, introduction des modifications...). L'urbanisme prospectif construit la cible du système d'information en cohérence avec la stratégie de l'entreprise et les trajectoires d'évolutions possibles pour l'atteindre.

Cette démarche d'urbanisme prospectif ne se conduit généralement pas sur l'ensemble du système d'information de façon simultanée mais se décline en études d'urbanisme sur des domaines particuliers. Une étude d'urbanisme vise à améliorer l'adéquation, pour un domaine donné, du système d'information aux besoins d'une population d'utilisateurs. Son livrable final est la cible à atteindre ainsi que le plan d'actions définissant la trajectoire à suivre pour atteindre l'architecture cible visée. Une des conséquences d'un chantier d'urbanisme est de mettre à disposition un outil d'aide à la décision pour le lancement des nouveaux projets.

L'ensemble de la démarche d'urbanisme se situe principalement en amont des projets informatiques. Les acteurs de l'urbanisme, s'appuyant sur leur vision transversale du SI, vérifient que le projet de la maîtrise d'ouvrage s'insère de manière cohérente par rapport aux projets connexes, c'est à dire aux projets qui ont un impact fonctionnel sur le projet en question. Par exemple, il est nécessaire de s'assurer que les activités du projet ne sont pas déjà couvertes par une application existante ou en cours de réalisation dans l'ensemble du périmètre où s'appliquent les principes de mutualisation.

Globalement, une étude d'urbanisme a lieu en trois étapes :

- *Analyse de l'existant*

La première partie d'une étude d'urbanisme permet de définir le périmètre concerné. S'appuyant sur les cartographies de l'urbanisme cadastral, les différents blocs fonctionnels concernés sont repérés. Les activités, les applications informatiques, les données et les flux qui s'y rapportent, ainsi que leur déclinaison stratégique actuelle sont identifiés. Les enjeux métiers, les dysfonctionnements (métiers et informatiques) et les projets en cours sont référencés et analysés et constituent le « référentiel » des besoins de l'étude d'urbanisme.

L'analyse du système d'information met en exergue de la contribution du système informatique à la création de valeur de l'entreprise. Cette objectif se traduit concrètement par :

- Le découpage en sous-systèmes d'information supportant différents métiers et pouvant évoluer à terme vers comme des blocs autonomes afin de les faire évoluer facilement
- La possibilité de mutualiser, de délocaliser ou d'externaliser certaines parties plus stables, moins stratégiques, pour réaliser des économies.
- La suppression des redondances d'applications couvrant les mêmes activités métier et la réduction du nombre d'interfaces. Ceci permet de faciliter l'exploitation du système informatique et de réduire les coûts d'entretien et de maintenance qui mobilisent aujourd'hui une grande partie des budgets informatiques annuels.
- La mise en vigueur des règles partagées qui constituent un véritable outil d'aide à la décision pour lancer de nouveaux projets.

A partir de l'analyse de l'existant du système d'information basée sur différents points de vue (architecture, infrastructure), une cible, des scénarii d'évolutions ainsi que des règles d'urbanisme sont mis en place pour mieux gérer le système d'information.

- *Définition du plan d'urbanisme*

Le plan d'urbanisme définit le système cible en se basent sur besoins d'évolutions de l'entreprise, la stratégie et les invariants métiers. Il est le cadre de référence validé par les grandes directions fonctionnelles, organisationnelles et technologiques de l'entreprise, traduisant l'alignement des systèmes et des technologies de l'information sur la stratégie de l'entreprise. Il est le socle sur lequel s'appuient les projets.

Cette seconde étape se focalise sur la cible métier, issue de la déclinaison stratégique des dans les activités métiers, et sur la trajectoire pour l'atteindre. Une analyse des écarts entre la cible métier et l'existant informatique permet de définir le paysage informatique cible, sur la base de nouvelles applications et/ou d'adaptation de l'existant tout en respectant des règles d'urbanisme définies. La cible n'est pas un but fixe mais un objectif mouvant revue à chaque itération qui fixe les bases de l'évolution continue.

La définition de la stratégie en tant que telle ne fait pas partie de l'urbanisme mais l'urbanisme met en oeuvre les directives stratégiques. Un plan d'urbanisation ne peut donc être envisagé que si la réflexion stratégique a abouti à des directives opérationnelles.

Une fois la cible définie, l'élaboration des plans d'urbanisme permet de définir différents « scénarii » [Fujitsu 02]. Ces scénarii représentent des alternatives d'évolutions qui montrent les chemins possibles en fonction des hypothèses émises pour atteindre la cible.

- *Les règles d'urbanisme*

Les règles d'urbanisme sont les règles de construction (données et traitements) pour simplifier et piloter les changements. Elles définissent notamment le découpage des zones, des quartiers et des blocs. Les règles explicitées sont des orientations génériques de découpage qui doivent ensuite être appliquées tout le long de la démarche d'urbanisme engagée. Les règles d'urbanisme permettent aussi de régir les orientations dans l'évolution du système d'information sur des thèmes tels que l'autonomie, la propriété des données, la normalisation des échanges ou encore la gestion des flux.

Les règles d'urbanisme représentent les règles opérationnelles que doivent suivre les différents acteurs de l'urbanisme. Ces règles se rapportent à la fois à la conception de la cible, à la définition des responsabilités entre les acteurs ou encore à la construction du système d'information en lui-même.

III.1.3 L'urbanisme des projets.

L'urbanisme des projets correspond à la définition des projets. L'objectif de l'urbanisme des projets est de positionner (limites et enjeux des projets) les projets opérationnels dans le cadre défini par l'urbanisme prospectif en phase amont du projet.

L'utilisation des techniques de cartographie et des outils associés dans les phases amont des projets, permet de mettre en évidence l'impact du projet sur le système d'information et de faciliter le respect des règles d'urbanisme et de cohérence par rapport à la vision cible du système d'information.

Une fois les projets mis en œuvre, les modifications doivent être capitalisées dans les modélisations. Cette phase assure ainsi le maintien du référentiel de modélisation de l'entreprise.

III.2 Le découpage du système d'information

Comme nous venons de la voir, l'urbanisme s'appuie sur des modélisations du système d'information et notamment sur un découpage fonctionnel entre le métier et l'informatique. Pour réaliser ces objectifs, les approches de l'urbanisme travaillent sur la modularité des composantes du système d'information en cherchant à élaborer un découpage qui favorise l'indépendance des modules et leur évolution. L'urbanisme propose donc de considérer trois visions du système d'information pour organiser le recueil d'information [Longépé 01] :

III.2.1 La vision métier (activités, processus et stratégie)

Il s'agit de produire une cartographie de l'ensemble des processus de l'entreprise : des fonctions de l'entreprise qui sont au cœur de son métier (opérationnels ou supports), des acteurs externes concernés et des flux d'information entre processus. Une autre cartographie peut recenser les différentes orientations stratégiques de l'entreprise ainsi que les liens entre elles et les processus métiers. Construire le modèle des processus métiers, c'est avant tout appréhender, comprendre, conceptualiser et expliquer le fonctionnement d'une organisation pour satisfaire les missions qui sont les siennes [Le Roux 04].

III.2.2 La vision fonctionnelle (fonction support aux opérations, ...)

Il s'agit de produire une cartographie des blocs fonctionnels communicants du système d'information. Ce niveau de cartographie répond à la question « quoi ? » sans tenir compte des acteurs et de l'organisation, c'est-à-dire quels sont les besoins métiers et que veut-on faire ?

La cartographie fonctionnelle du système d'information est une reformulation de la modélisation des processus, elle permet d'avoir une vision fonctionnelle d'ensemble découpée, non plus par processus mais par zone / quartier / blocs relatif au métier. Cette reformulation permet de disposer d'un découpage par groupe homogène d'activités en termes de traitements de l'information et de vérifier si ce découpage a un sens par rapport aux métiers et aux évolutions potentielles de l'entreprise. Elle permet de disposer d'une vision en termes d'échanges de flux et d'identifier les latences ou les ruptures en terme de circulation de l'information. Cette cartographie est l'outil essentiel de la démarche d'urbanisme.

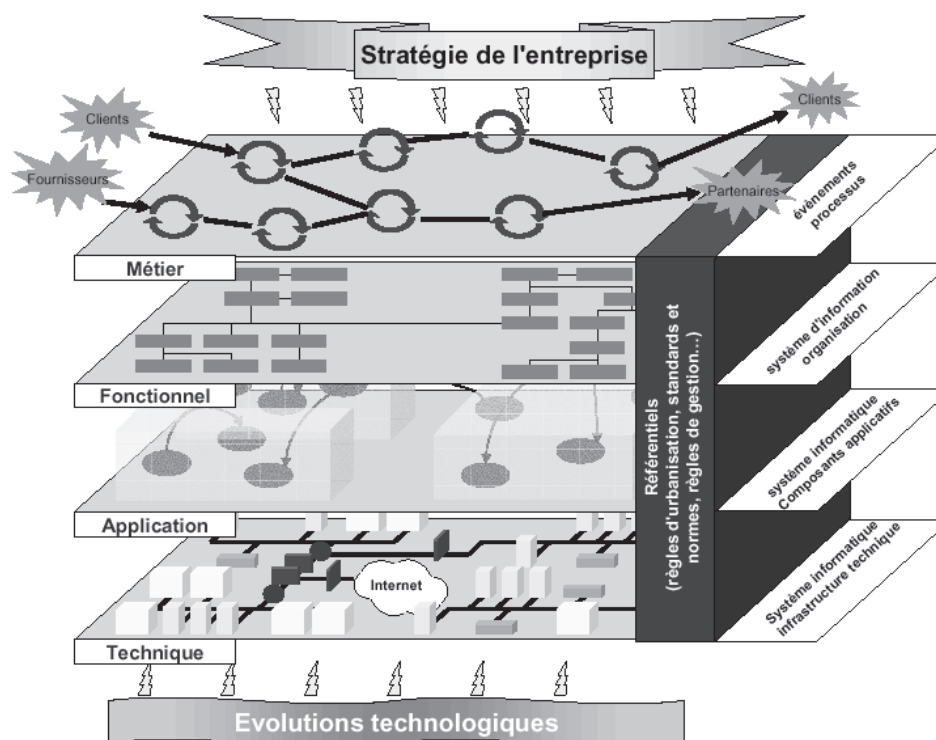


figure II.8 : Les strates de l'urbanisme [Club 03]

Le découpage en sous-systèmes peut se réaliser selon des critères de regroupement qui peuvent être multiples : homogénéité du rythme de déroulement des activités, homogénéité du cycle de vie des informations créées par de mêmes activités, cohérence des relations avec les autres sous-systèmes et leurs acteurs, propriété d'échange d'information, cohérence du périmètre de travail des activités, similitude des contraintes portant sur les activités, le tout basé sur le métier.

Les résultats obtenus sont les liens entre les activités, les informations pré-requises et les informations créées formalisées sous forme de flux. Ils matérialisent les échanges d'informations au sein de l'entreprise ou vis-à-vis de ses partenaires.

Celui-ci offre, par la même occasion, la meilleure vision du découpage des activités et des métiers, mettant ainsi en évidence les chaînes de valeur de l'entreprise. Cette modélisation fonctionnelle joue le rôle de "cadre de référence" ou "d'infrastructure d'intégration" pour les nouveaux projets et les évolutions.

Elle répond aux qualificatifs suivants :

- **Globale** : Elle couvre l'ensemble des activités de l'entreprise et permet d'avoir une vision synthétique (afin de replacer les sous-ensembles dans leur contexte).
- **Communicante** : sur un support "simple", elle permet de nombreuses utilisations (analyses métier – implémentation informatique, analyses processus). Rapidement compréhensible par toute l'entreprise, elle sert de support visuel pour identifier le périmètre et l'impact des avant-projets ou des études d'urbanisme.
- **Stable dans le temps** : elle définit les invariants qui entrent dans la composition du système d'information pour qu'il supporte les processus métiers de l'entreprise.

III.2.3 La vision informatique (composants logiciels et architecture technique)

Ce niveau représente l'architecture applicative du système d'information, c'est-à-dire l'ensemble des applications logicielles mises à la disposition des utilisateurs et l'infrastructure technique sur laquelle repose les applications. Il contient la modélisation des applications et leurs découpages éventuels en blocs applicatifs et en services. La vision informatique peut aussi contenir une cartographie de données qui permet de formaliser les données de référence et celles implémentées dans les applications.

IV. Les limites de l'urbanisme

IV.1 Les limites du déploiement en entreprise

La démarche d'urbanisme est une approche définissant une méthodologie de gestion de l'évolution du système d'information. Elle permet de faire apparaître les évolutions nécessaires au sein du système d'information au vue de la stratégie de l'entreprise et de les mettre en oeuvre. Il faut noter que la démarche d'urbanisme cherche à rendre plus cohérent le système d'information vis-à-vis des objectifs stratégiques de l'entreprise. Malgré tout, son champ d'action ne prend pas en compte l'amélioration de l'organisation des processus d'entreprise. Les processus sont améliorés un à un au cours des projets d'urbanisme, sans partir d'une vision d'ensemble de ceux-ci.

Les limites de l'urbanisme se situent sur trois facteurs principaux : humains, technologiques et méthodologiques [Longépé 02a].

Les facteurs humains se caractérisent :

- Par la relation maître d'œuvre/maître d'ouvrage à améliorer pour se diriger vers une cohabitation et une collaboration plus efficace,
- Par la définition de nouveaux métiers liés à l'urbanisme et la modification des compétences nécessaires,
- Par la difficulté pour les MOA de définir leurs processus et leurs besoins.

Les facteurs méthodologiques se caractérisent par :

- L'intégration de tous les niveaux de description (processus, fonctionnel, applicatif et technique) d'un système cible,
- Le manque d'outillage autour de l'analyse des systèmes et des critères de choix entre solutions,

- La difficulté d'assurer l'intégration complète de la stratégie à l'implémentation IT, en assurant la cohérence entre les niveaux
- Un positionnement méthodologique trop centré sur l'étude (lien avec la gouvernance).

Les facteurs technologiques :

- La difficulté de mise en oeuvre des solutions notamment d'intégration (EAI...)

Les outils technologiques liés à l'intégration se sont développés et ont été implémentés à de nombreuses reprises depuis ces dernières années. Pourtant, la mise en place de ces outils reste un exercice complexe lié aux technologies utilisées, aux applications existantes difficiles à intégrer et à une approche nouvelle de l'architecture du système d'information.

D'un autre côté, les résistances au changement, leurs raisons, la façon de les contourner sont au cœur de cette démarche. Elle doit se coupler de démarches d'animation, d'écoute, d'infléchissement des procédures existantes pour s'impliquer dans la vie quotidienne de l'entreprise telle que les méthodologies de conduite du changement. En effet, cette approche induit une nouvelle façon de travailler dans l'entreprise et une nouvelle répartition des rôles qui impactent le fonctionnement profond et la perception du système d'information dans l'entreprise.

IV.2 Les limites de la formalisation scientifique

L'urbanisme du système d'information est une approche récente (les premières références à cette méthodologie datent de la fin des années 90). Si les approches actuelles de l'urbanisme du système d'information sont d'ores et déjà clairement définies, elles manquent encore de structuration et de formalisation pour être déployées plus largement.

La démarche d'urbanisme est une approche surtout industrielle véhiculée par les cabinets de conseil. De plus, cette approche issue du terrain n'a connu que peu de développements scientifiques jusqu'à présent.

Une première tentative scientifique de structuration a été apportée par A. Carvalho [Carvalho 02]. Ses travaux approfondissent la méthodologie de l'urbanisme du système d'information en proposant un cadre formalisé pour sa mise œuvre opérationnel. Il étend les concepts relatifs à la structuration de la couche fonctionnelle (zone, îlot, socle, prise). Il s'intéresse aussi à la définition d'indicateurs d'urbanisme afin d'identifier les facteurs influant sur l'aptitude du système d'information à évoluer.

[Papadacci 05] lui a développé une méthode permettant de construire des scénarios d'évolution pertinents et de guider les parties prenantes dans le choix de ceux qui seront retenus et implémentés. Il propose une méthode de construction de scénarios d'évolution et un mécanisme de priorisation des scénarios alternatifs.

Les travaux scientifiques sur l'urbanisme du système d'information sont émergents mais restent pour l'instant peu nombreux. Des outils scientifiques orientés vers l'aide à la décision sont dorénavant nécessaires pour permettre, à différents stades de la méthode, une gestion rationnelle des processus d'évolution. Dans la synthèse de ce chapitre, nous verrons comment, cette approche et les concepts dédiés au système d'information, fournissent une base pour la conception de notre approche.

V. Conclusion

Le résultat d'une opération d'urbanisme est le découpage du système d'information en entités indépendantes, proposant aux métiers un ensemble de services cohérents avec ses besoins et communiquant de manière normalisée. Cette réorganisation du système d'information doit le rendre modulaire et capable d'évolution.

Ainsi, tout projet pourra se baser sur un ensemble de services métier ou technique résultat des projets antérieurs. L'urbanisme des projets permettra alors de compléter cet ensemble de services et de s'appuyer sur un ensemble de services préexistants.

Pour arriver à cet objectif, les démarches d'urbanisme se basent sur des cartographies des systèmes existants (métier, fonctionnels, applicatifs, techniques) et des systèmes cibles. Ces modélisations sont les points clés de l'urbanisme.

Dans une deuxième partie de notre état de l'art, nous allons aborder outils principaux de notre démarche : les processus et les modèles d'entreprise. Dans la prochaine partie, nous allons détailler les méthodologies de modélisation d'entreprise qui génèrent les modélisation indispensable à la mise en œuvre d'une démarche d'urbanisme.

La modélisation d'entreprise

I. Introduction

Les méthodes présentées dans les paragraphes qui suivent concernent la modélisation d'entreprise. La modélisation d'entreprise est la réalisation de modèles qui permettent de rassembler différentes vues de l'entreprise afin d'en expliciter les composants et le comportement, dans un objectif particulier. La notion de modélisation d'entreprise se traduit en anglais par Enterprise Modelling. [Vernadat 99] la définit comme « la construction de modèles d'une partie déterminée d'une entreprise pour en expliquer la structure et le fonctionnement ou pour en analyser le comportement ».

De nombreux modèles d'entreprise ont été développés depuis une vingtaine d'années pour comprendre et étudier le fonctionnement des processus en entreprise. Les principaux modèles d'entreprise (ou méthode de modélisation en entreprise) développés au cours des vingt dernières années sont représentés sur la figure suivante (figure II.9, basée sur [Coves 00]) :

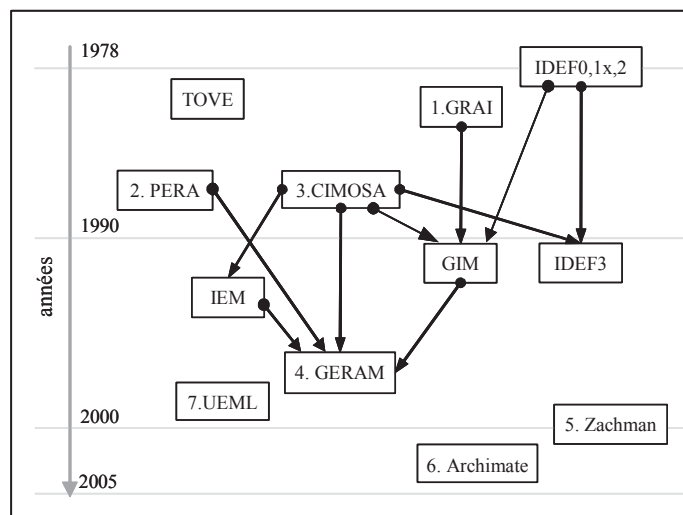


figure II.9 : Principaux modèles d'entreprise ou approches de modélisation en entreprise

Chacune de ces méthodologies a été développée dans le cadre d'objectifs précis qui sous-tendent leurs spécificités. Il existe plusieurs états de l'art détaillés autour de ces différentes méthodes [Malhéné 00], [UEML 02], [Archimate 04]. Dans les paragraphes qui suivent, nous n'aurons pas un objectif d'exhaustivité au regard des nombreuses méthodes existantes mais nous détaillerons les méthodes ayant les liens les plus pertinents vis-à-vis de notre problématique. Celles-ci seront présentées suivant la numérotation introduite dans la figure II.9.

L'objectif pour chacune des méthodes présentées est de mettre en évidence :

- Les concepts de modélisation utilisés et les vues choisies
- Les concepts liés à la gestion de l'évolution, la gestion du changement et la notion de cycle de vie.

II. GIM - GRAI Integrated Methodology

GIM (GRAI Integrated Methodology) est une méthode de modélisation et de conception des systèmes de production. La méthode a pour objectifs :

- De traduire la réalité d'un système de gestion de production, à savoir les sous-systèmes décisionnel et informationnel d'une entreprise.
- De définir une structure de gestion appropriée à l'entreprise en intégrant les hypothèses de fonctionnement et la correction des incohérences et dysfonctionnements détectés [GRAI 89].

La méthodologie de modélisation d'entreprise GIM est associée aux modèles GRAI. GRAI, acronyme de **G**raphes à **R**ésultats et **A**ctivités **I**nterreliées a été développé par Breuil, Doumeingts et Pun au laboratoire GRAI, université de Bordeaux, au début des années 1980. Le modèle conceptuel GRAI est un système hiérarchisé décomposé en trois sous systèmes :

- Le système de décision, décomposé en niveaux de décisions caractérisés par un horizon de prise de décisions et une période de temps au bout de laquelle les décisions prises sont remises en question.
- Le système d'information qui sert de liaison entre le système de décision et le système physique.
- Le système physique (appelé parfois système opérant) qui décrit la transformation des produits par les ressources.

Pour le système de décision, la représentation utilisée est la grille d'analyse GRAI introduisant une vision globale de la structure du système étudié orientée autour des centres de décision. Elle se présente sous une forme matricielle en abscisse les fonctions (regroupement d'activités de décision) et en ordonnée le temps (horizon et période de décision). Le niveau détaillé de ces grilles est représenté par les réseaux GRAI qui mettent en évidence les processus de l'entreprise.

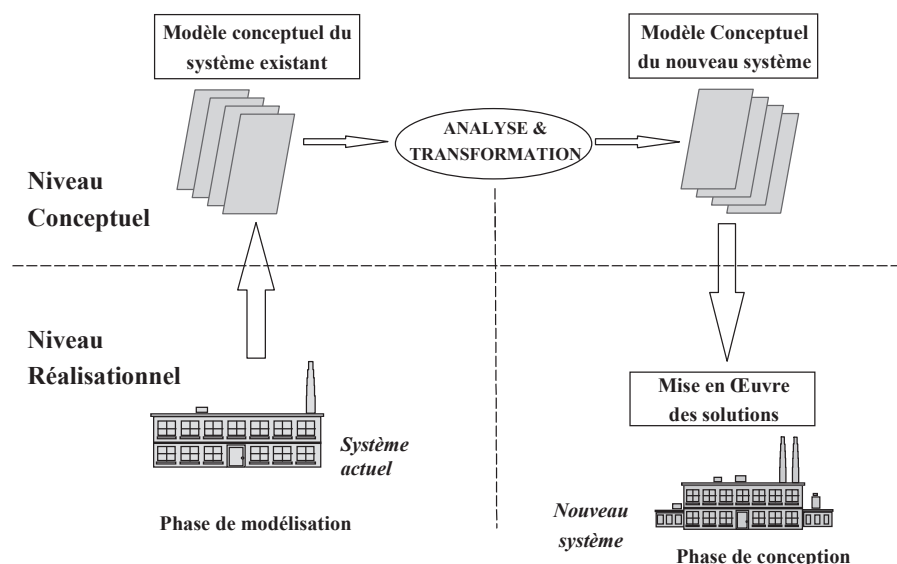


figure II.10 : Cycle de vie et niveaux d'abstraction d'une transformation

L'ensemble de l'approche développé autour des modèles GRAI contient 11 modules méthodologiques, dont la méthode GIM.

La démarche générique de la méthodologie GRAI® s'appuie sur le schéma de la figure II.10 qui met en évidence le cycle de vie du développement selon l'axe horizontal et les niveaux d'abstraction selon l'axe vertical.

La première phase consiste à modéliser l'existant, c'est à dire partir du fonctionnement réel du système pour arriver à un modèle conceptuel de ce système. Cette démarche est surtout utilisée dans les activités de restructuration (re-engineering).

Ensuite, les points forts du système et les points à améliorer sont mis en évidence. Puis, grâce aux règles du modèle GRAI®, mais également à la connaissance des utilisateurs, le nouveau modèle à un niveau conceptuel est conçu, puis décliné pour être implémenter au niveau opérationnel.

La méthodologie GIM est pertinente pour une analyse globale du système de production grâce à une représentation synthétique et une hiérarchisation des fonctions ce qui facilitent sa mise en œuvre et son exploitation.

En revanche, les réseaux GRAI sont complexes lorsqu'il s'agit d'analyser plusieurs activités à la fois et ne permettent pas de distinguer clairement le système opérant des systèmes d'information et de décision. En effet, la spécificité de cette approche est la mise en évidence des aspects décisionnels au côté des aspects fonctionnels, physiques (le métier), informationnels et processus. Ces points spécifiques à la méthode GRAI ne correspondent pas aux orientations sur la gestion de l'évolution que nous avons voulu donner à notre problématique.

III. PERA (Perdue Enterprise Reference Architecture)

PERA est une architecture référence d'entreprise [Willian 94] et est associée à la méthode d'ingénierie des environnements industriels, développée à l'université de Purdue (USA) par T. J. Williams.

L'objectif de l'approche PERA est de décrire en détail les différentes étapes identifiables dans le cycle de vie d'un projet productique depuis les besoins initiaux jusqu'à l'obsolescence du projet (voir figure II.11). PERA découpe l'entreprise en trois sous-systèmes s'étendant depuis la vision stratégique jusqu'à son implémentation :

- Le système physique (la production, flux physique)
- L'organisation (organigramme des ressources humaines)
- Le système de contrôle et d'information (flux automatisés d'information et de contrôle à travers le système).

L'entreprise peut être divisée en deux classes d'activités impliquées dans le fonctionnement de toute entreprise :

- Celles impliquées dans le fonctionnement des processus qui fournissent le « produit » qui remplit les missions de l'entreprise, c'est-à-dire le produit ou le service sur lequel s'appuie l'entreprise. Dans les entreprises de production, cela inclut tous les matériaux ou les transformations d'énergie ainsi que le déplacement et le stockage de ces produits.

- Celles impliquées dans le contrôle de la réalisation optimale de la mission de l'entreprise afin d'assurer la viabilité et l'optimisation de l'entreprise en apportant les gains économiques ou autres nécessaires. Cela comprend le recueil, le stockage et la transformation d'information dans le but de contrôler les flux physiques.

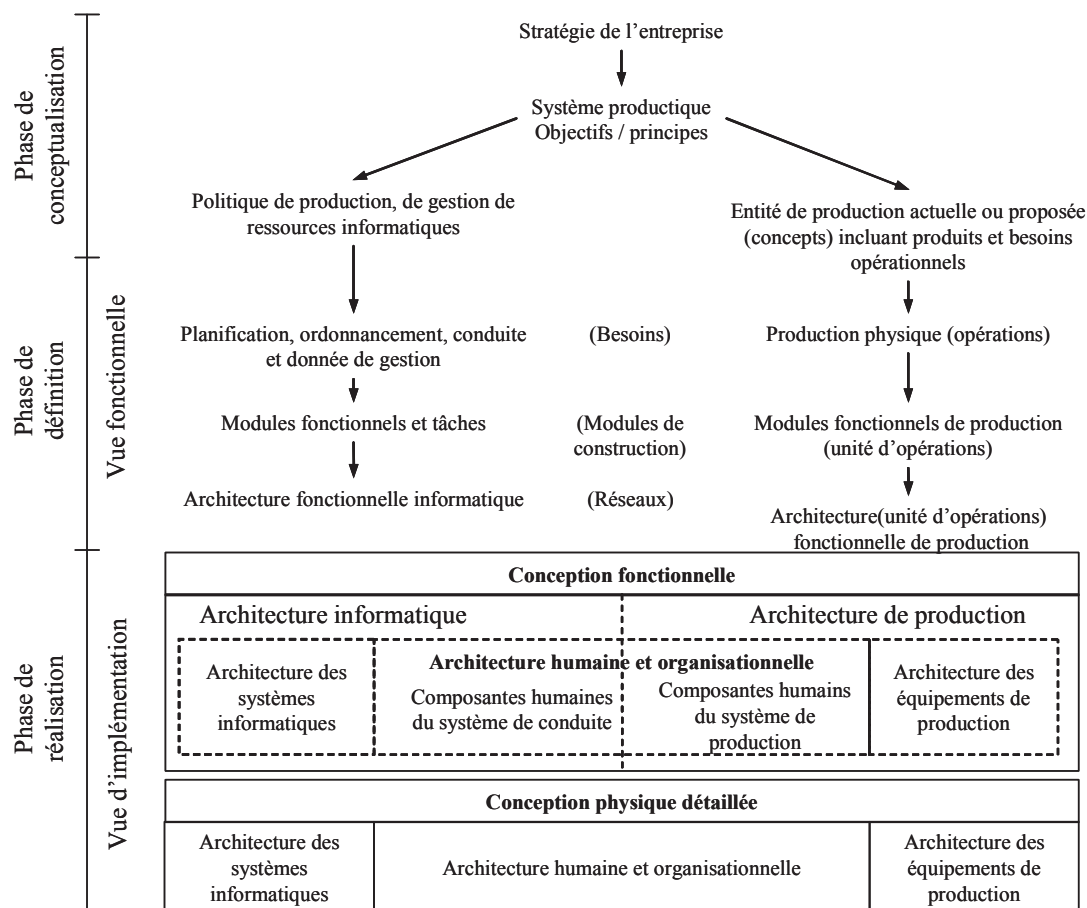


figure II.11 : Composants des phases de conceptualisation, définition et réalisation

PERA permet de couvrir l'ensemble du cycle de vie d'une entreprise en distinguant trois architectures. L'une de ses particularités est de prendre largement en compte la dimension humaine. Pourtant, PERA correspond plus à une démarche globale qu'à une architecture d'intégration et ne propose pas de modèle de référence. Par contre, sa définition du cycle de vie est largement reprise dans GERAM et se rapproche des problématiques liées aux méthodologies de gestion de l'évolution. Cependant, la notion de cycle de vie introduite dans ces approches correspond à la modélisation de tous les états d'une organisation au sein de l'entreprise (par exemple : conception d'un produit, fabrication d'un produit, SAV d'un produit...) et non pas tous les états successifs d'un processus au cours de son existence. La prise en compte de ces problématiques liées à la gestion de l'évolution des processus est un domaine non abordé jusqu'à présent.

IV. CIMOSA

Issue de projets de recherche ESPRIT réalisés par le consortium AMICE, la méthodologie de modélisation d'entreprise CIMOSA (CIM Open System Architecture), a donné lieu à de nombreux travaux scientifiques et à de nombreuses applications industrielles [Esprit 93]. Très reconnue dans le domaine de la conception des systèmes d'informations, cette méthodologie a fortement inspiré les standards européens pour la modélisation d'entreprise, notamment au travers des normes ENV 40003 [CEN 91] et ENV 12204 [CEN 96]. Les concepts de modélisation proposés dans CIMOSA constituent ainsi un point de départ incontournable.

L'architecture CIMOSA repose sur une séparation claire entre les deux environnements fondamentaux de l'entreprise : l'environnement de l'ingénierie (conception/modification des processus d'entreprise) et l'environnement opérationnel (exécution des processus). Cette architecture comprend :

- Un cadre de modélisation (Modelling Framework) (fournissant une architecture de référence basé sur l'intégration des différents niveaux d'architecture : générique, partiel, particulier).
- Une infrastructure intégrante (Integrating Infrastructure) permettant l'intégration physique et l'intégration des applications.
- Un cadre méthodologique (System Life Cycle) couvrant le cycle de vie du système de production et assurant la cohérence de l'ensemble.

IV.1 Le cadre de modélisation de CIMOSA

Le but du cadre de modélisation de CIMOSA (voir figure II.12) ou cube CIMOSA (en anglais : modeling Framework) [CIMOSA 94] est de fournir un cadre conceptuel, une méthode et des outils de modélisation pour assister l'utilisateur dans le développement du modèle particulier de son entreprise. Ce cadre de modélisation présente l'ensemble des modèles à élaborer depuis la définition des besoins utilisateurs jusqu'à la description de l'implémentation en passant par des spécifications de conception.

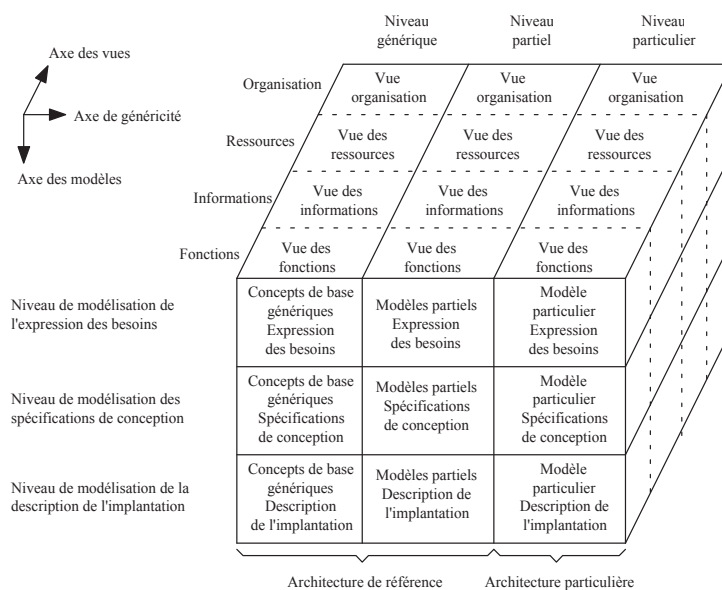


figure II.12 : Le cube de CIMOSA

IV.2 Les principes de modélisation de CIMOSA

Le cadre de modélisation développé dans CIMOSA s'articule selon trois axes de modélisation orthogonaux (voir figure II.12):

- **L'axe de généricité** qui suggère de construire le modèle particulier de l'entreprise à partir de modèles partiels, s'il en existe, et/ou de concepts de base génériques (un concept de base générique est une classe d'objets en terme informatique). Chaque modèle est un assemblage de ces objets,
- **L'axe des modèles** qui invite à modéliser d'abord les besoins précis de l'entreprise, puis de concevoir les spécifications du système CIM (analyse conceptuelle, analyse détaillée, conception du système d'information, évaluation des performances, choix de ressources) et enfin de décrire son implantation (ressources installées, distribution de fonctions, distribution des informations, gestion des aléas, etc.),
- **L'axe des vues** qui propose de gérer le modèle intégré (conception, manipulation, accès, etc.) suivant quatre points de vue (fonctions, informations, ressources et organisation) pour faire face à la complexité du système et de son modèle.

Les principales caractéristiques de CIMOSA sont :

- Un cadre de modélisation qui présente l'ensemble des modèles à élaborer depuis la définition des besoins utilisateurs jusqu'à la description de l'implémentation en passant par des spécifications de conception,
- L'utilisation de modèles « exécutables », c'est-à-dire directement traités informatiquement,
- La définition d'une infrastructure intégrée permettant l'exécution informatique des différents modèles.

CIMOSA propose une modélisation cohérente de l'entreprise, depuis l'expression précise des besoins jusqu'à une description conforme de l'implémentation. CIMOSA est une méthode qui se base sur l'approche processus, permettant l'intégration des fonctions de l'entreprise et une vue globale de toute l'organisation tout en assurant la continuité entre les différents niveaux.

En revanche, CIMOSA s'appuie sur un ensemble de concepts et leurs relations, qui restent un langage (description des processus et des activités mais pas de visualisation graphique) difficile pour les utilisateurs et qui ne permet pas de visualiser facilement le déroulement d'un processus.

V. GERAM (Generalised enterprise Reference architecture and Methodology)

V.1 La méta-méthode

Issue des travaux du groupe IFAC/IFIP⁴, GERAM doit être considérée comme une méta-méthode résultant de la synthèse des concepts de trois principales approches : CIMOSA, GIM, PERA. Elle est définie à travers une approche qui fournit un cadre général pour décrire l'ensemble des éléments à prendre en compte lors de la conception d'une méthodologie de modélisation d'entreprise. Ce cadre se veut suffisamment général pour intégrer à la fois les

⁴ IFAC/IFIP Task Force on Architecture for Enterprise Integration

transformations majeures du genre BPR (Business Process Re-engineering) et les transformations incrémentales de faible profondeur dans le cadre d'une amélioration continue.

GERAM définit un ensemble de concepts pour modéliser l'entreprise durant toutes les étapes de sa vie. GERAM est définie à travers une approche pragmatique qui fournit un cadre général présenté dans la figure II.13.

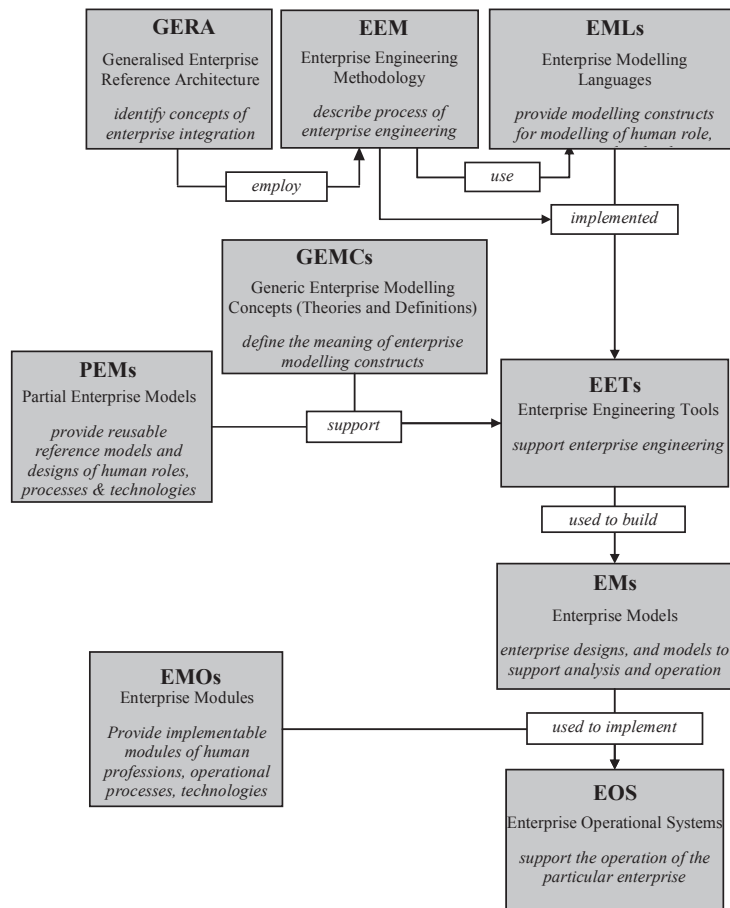


figure II.13 : Eléments méthodologiques de GERAM [IFIP 99]

Dans les paragraphes suivants, nous allons détailler les différents éléments méthodologiques de cette méta-méthode en détaillant plus particulièrement le cadre de modélisation GERA.

V.2 Les éléments méthodologiques de GERAM

GERAM distingue les méthodologies pour la modélisation d'entreprise (EEMs) et les langages de modélisation (EMLs) qui sont employés par ces méthodologies pour décrire et modéliser la structure, le contenu et le comportement des entités de l'entreprise :

- EEMs (Enterprise Engineering Methodology) : décrit la méthodologie qui doit être mise en place dans l'ingénierie d'entreprise pour mettre en œuvre la modélisation d'entreprise.

- EMLs (Enterprise Modelling Languages) : définit les concepts (*constructs*) de modélisations génériques adaptés aux besoins des personnes créant et utilisant les modèles d'entreprise. Les *constructs* définissent les objets qui seront utilisés dans les vues définies dans GERA.

Ces langages sont capables de modéliser à la fois la partie humaine de l'activité de l'entreprise, les processus métier et leurs technologies de support associées. La démarche de modélisation produit les modèles d'entreprise (Particular Enterprise Models, EMs) qui représentent l'ensemble ou une partie des activités de l'entreprise, y compris sa fabrication ou des tâches de service, son organisation et sa gestion ainsi que ses systèmes de commande et d'information.

Les langages et les méthodologies sont supportés par les outils de modélisation d'entreprise (Enterprise Engineering Tools, EETs). La sémantique des langages de modélisation peut être définie par des ontologies, des méta-modèles ou des glossaires qui sont appelés Generic Enterprise Modelling Concepts (GEMCs). Ces modèles peuvent être utilisés pour guider l'implémentation du système opérationnel de l'entreprise (EOS Particular Enterprise Operational Systems). La démarche de modélisation peut être améliorée en employant des modèles partiels (Partial Enterprise Model, PEMs) qui sont des modèles réutilisables (ou Best Practices) par exemple pour les rôles, les processus ou les technologies.

EMOs (Enterprise Models) sont des composants matériels ou logiciels utilisés dans l'implémentation du système opérationnel.

GERAM est un cadre de modélisation général, qui a pour but de catégoriser les architectures d'entreprise et leurs objets associés (méthodologie, modèle de référence, ontologies...). Ainsi, GERAM s'apparente à une bibliothèque dans laquelle il faut remplir les étagères en fonction de l'objectif poursuivi. GERAM fournit le cadre pour évaluer l'ensemble des éléments qui sont nécessaires pour la modélisation d'une entreprise donnée. Dans ce cadre, GERAM doit être prise en compte pour assurer la construction de la méthodologie associée à notre problématique.

VI. Le cadre de Zachman

Le cadre Zachman (Zachman Framework), (voir tableau II.1) est une approche structurée liée au développement des systèmes d'information. Cette approche a été développée par John Zachman au travers de l'institut Zachman (www.zifa.com). Il propose un classement des différents modèles que les professionnels de l'architecture, des systèmes d'information et de la technologie éprouvent le besoin de créer pour concevoir, valider, simuler et créer des solutions.

Le tableau II.1 présente le cadre proposé. Les lignes représentent le point de vue des différents acteurs intervenant dans le développement du système d'information ainsi que les niveaux de modélisation associés. Le modèle part de la stratégie jusqu'à son implémentation dans les systèmes et la conception doit se faire à partant du haut de la matrice vers le bas.

Les colonnes représentent différents aspects du système d'information : Données (Quoi ?), Fonctions (Comment ?), Réseau (Où ?), Acteurs (Qui ?), Temps (Quand ?), Motivations (Pourquoi ?).

Le cadre tel qu'il est appliqué en entreprise est une structure logique permettant la classification et l'organisation des représentations d'une entreprise pertinentes pour le management ainsi que pour le développement de systèmes d'entreprise. Le cadre de Zachman, tout comme GERAM, est un cadre général d'architecture. Il ne propose pas de

concepts ou de langages associés à chacune des cases de la matrice mais suggère un ensemble de modèles possibles pour chacune d'elle. Le cadre de Zachman est implémenté dans des outils de modélisations tel que MEGA et Popkin Architect.

	Quoi	Comment	Où	Qui	Quand	Pourquoi
Contextuel	Liste de choses importantes	Liste de processus	Liste de lieux	Liste des organisations	Liste d'événements	Vision opérationnelle, objectifs, stratégies
Conceptuel	Modèle d'information	Modèle de processus	Réseau logistique	Modèle du flux des travaux	Calendrier principal	Plan d'activité. Modèle de rendement
Logique	Modèle de données logiques	Architecture des applications	Architecture de distribution	Architecture de l'interface humaine	Structure de traitement	Modèle de règle opérationnelle
Physique	Modèle de données matérielles	Conception des systèmes	Architecture des systèmes	Architecture de présentation	Structure de contrôle	Conception des règles
Mise en oeuvre	Définition des données	Programme	Architecture de réseau	Architecture de sécurité	Définition de la synchronisation	Précision des règles
Opérations	Données	Services	Réseaux	Personnes	Calendriers	Règles

tableau II.1 : Cadre de Zachman

Le cadre de Zachman est une méthode tournée vers l'industrie qui s'est fortement répandue dans la conception de système d'information. La plupart des concepts présents dans la modélisation d'entreprise y sont repris. L'un de ses avantages est sa facilité de compréhension basée sur une approche logique et non technique. D'un autre côté, la multiplicité des cases est un obstacle à sa mise en œuvre pratique et les relations entre elles ne sont que peu explicitées [ArchiMate 02b]. Selon [Noran 03], en se basant sur le cadre de modélisation GERAM, le cadre de Zachman est une méthode en devenir qui devra supporter l'ensemble des éléments méthodologiques nécessaires à une méthodologie d'entreprise. De plus, il garde une orientation sur la conception du système d'information et non pas sur une vision globale de l'entreprise.

VII. ArchiMate

ArchiMate est un projet qui a démarré en juillet de 2002 et qui s'est achevé en décembre 2004 et qui a été dirigé par l'institut de recherche Telematica. L'objectif du projet ArchiMate a été de définir une approche architecturale intégrée afin d'aider les managers à estimer les impacts de leurs choix de conception et de changements dans l'entreprise.

ArchiMate définit l'«Enterprise Architecture as a consistent whole of principles, methods and models that are used in the design and the realization of organizational structure, business processes, information system, and infrastructure». A partir de cette définition, le projet se propose de réaliser l'intégration de ces différents domaines au travers de la modélisation d'entreprise.

La figure suivante présente le métamodèle développé pour atteindre cet objectif avec les différents concepts utilisés (produit, objet métier, acteur, service applicatif...) et le lien entre eux (la figure II.14 ne montre que les parties *business* et *application* du méta-modèle et ne reprend pas la partie *technology*).

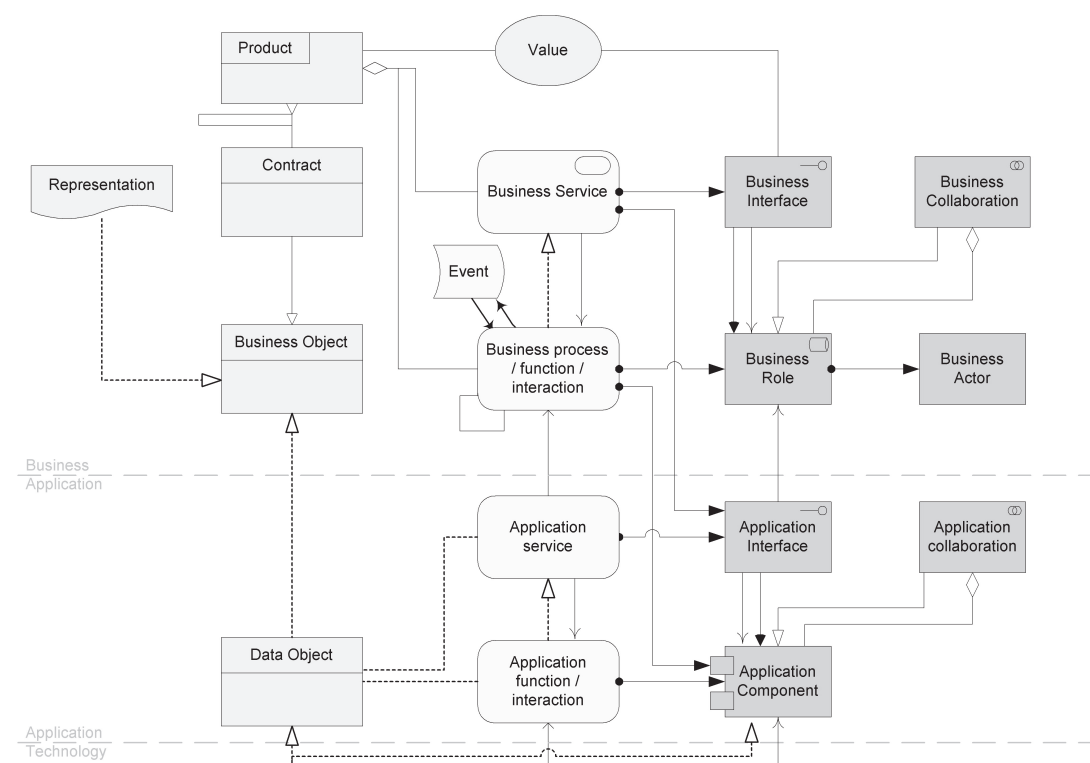


figure II.14 : Métamodèle ArchiMate [ArchiMate 04]

Associé à ce méta-modèle, le projet ArchiMate introduit la notion de points de vue. En effet, les modèles d'entreprise qui peuvent être générés à partir d'un méta-modèle peuvent répondre à différents objectifs. Ces points de vues correspondent aux différents utilisateurs de la modélisation d'entreprise qui ont chacun des intérêts et des objectifs différents sur le système modélisé.

La notion de point de vue correspond à un filtre qui est posé sur le méta-modèle et qui permet ainsi de ne visualiser que les informations pertinentes pour ce modèle. Ce concept se rapproche de la notion de vue présente dans d'autres approches de modélisation d'entreprise telle que CIMOSA. Dans le cas d'ArchiMate, cette notion va plus loin puisque l'objectif de ces points de vue est de répondre spécifiquement aux besoins des utilisateurs de la modélisation (par exemple, vue produit, vue organisationnelle, vue infrastructure, vue coopération des acteurs...).

Le méta-modèle fourni par ArchiMate englobe les différentes facettes de l'entreprise. Par contre, la quantité de concepts introduits rend son implémentation difficile dans l'entreprise. En revanche, il constitue une base de référence quel que soit le domaine abordé. L'introduction des points de vue a une forte valeur ajoutée au regard de la mise en œuvre opérationnelle et l'appropriation par les utilisateurs de la modélisation d'entreprise.

VIII. Les normes

Les différentes méthodologies qui ont été décrites précédemment (CIMOSA, PERA et GERAM) ont servi de base à la construction des normes de modélisation d'entreprise. ISO et IEC au niveau international autant que CEN au niveau européen commencent à produire des ensembles de standards pertinents au regard des problématiques autour de la modélisation d'entreprise (voir tableau II.2).

Ces normes offrent l'avantage de redéfinir les concepts fondamentaux partagés par l'ensemble des méthodes de modélisation d'entreprise (activité, fonctions, organisation, ressource) et de fédérer ainsi les communautés industrielles et scientifiques autour de bases communes.

[Martin 05] souligne trois apports principaux de ces normes : la possibilité de réutilisation des modèles dans le temps et entre les acteurs, l'effort de synthèse face aux méthodes existantes ainsi que la mise en avant des meilleures pratiques au sein de la norme.

L'autre point fort apporté par les normes est l'interopérabilité entre les modèles (notamment pour le partage au sein de grandes sociétés qui peuvent posséder en leur sein plusieurs projets de modélisation découplés).

ENV 40003 : Enterprise Integration - Framework for enterprise modeling (1991)

CEN ENV 12 204 : Construct for enterprise modeling (1996)

ISO 14258 : Concepts & rules for enterprise models (1998)

ISO 15704 : Requirements for Enterprise Reference Architecture and Methodologies (2000)

ISO 15288 : Life-cycle management system (2005)

ISO 19439 : Enterprise Integration – Framework for enterprise modeling (project 2005)

ISO 19 440.2 : Enterprise Integration – Construct for enterprise modeling (projet 2005)

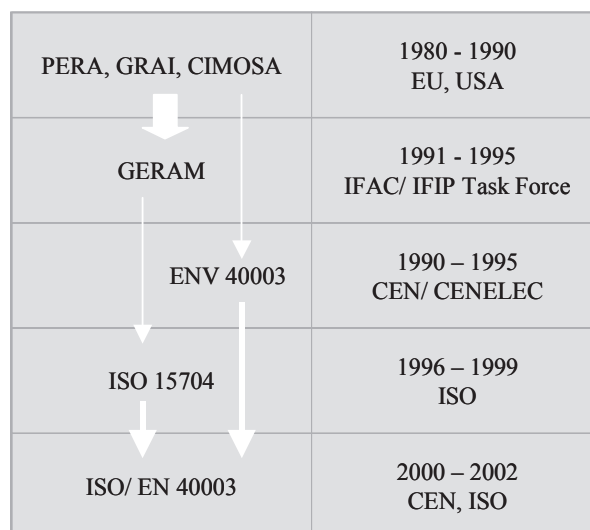


tableau II.2 : Evolution des normes sur la modélisation d'entreprise [Vernadat 2002]

Ces efforts de standardisation autour de l'interopérabilité sont guidés et supportés par des projets tel que le projet européen UEML, ou d'autres approches industrielles indépendantes telle que l'OMG ou le consortium BPMI.

UEML, Unified Enterprise Modelling Language, est un projet de réseau Thematic (IST–2001–34229) financé par l'Union Européenne. Basé sur un état de l'art des méthodes de modélisation d'entreprise, les principaux apports de ce projet ont été la définition des besoins liés à un langage unifié et la définition des concepts de base du langage UEML [UEML 01].

L'objectif d'UEML est d'assurer l'indépendance et l'interopérabilité entre chacun des formalismes initiaux, permettant ainsi de couvrir davantage les problématiques relevant de la modélisation d'entreprise [Vallespir 03]. UEML ne propose pas une nouvelle architecture mais les concepts communs de base pour respecter l'intégration et l'interopérabilité des modèles d'entreprise.

IX. Notre approche face aux méthodes existantes

Les méthodes de modélisation d'entreprise présentées dans les paragraphes précédents nous fournissent les cadres génériques pour soutenir la réalisation de cartographies de l'entreprise. La « modélisation en entreprise » a deux fonctions essentielles dans la gestion des organisations :

- Si l'on considère une entreprise dont la structure organisationnelle est stable, la modélisation permet d'assurer la mise en cohérence des décisions prises par les acteurs de l'entreprise. Les modèles d'entreprise caractérisent alors une "représentation de l'entreprise permettant de justifier une certaine forme d'organisation, et (...) de fournir aux différents niveaux de l'organisation des repères suffisants pour traduire l'objectif général d'efficacité de l'entreprise en terme d'objectifs locaux et d'actions concrètes à réaliser" [Hollard 94].
- Si la structure organisationnelle de l'entreprise doit être remise en cause, la modélisation d'entreprise sert de support décisionnel à ce processus de réorganisation. Elle consiste alors à "décrire l'organisation et les processus opérationnels d'une entreprise, soit dans le but de simuler ces processus pour comparer divers scénarii, soit dans le but de les analyser et de les restructurer pour améliorer les performances de l'entreprise" [Vernadat 99].

Ces deux fonctions de la modélisation d'entreprise font partie de notre problématique. En effet, la gestion de l'évolution au sein d'une entreprise peut être envisagée dans ces deux cas. L'évolution continue au sein d'une vision de l'entreprise doit s'appuyer sur une vision de l'existant et un fil conducteur pour assurer la cohérence des décisions avec son système. Les acteurs opérationnels utilisent dès lors la modélisation d'entreprise pour la communication et l'information à tous les niveaux. Dans d'autres cas, lorsque l'entreprise entreprend de définir les lignes directrices de sa stratégie ou lors de la mise en place de projets de plus grandes envergures, la modélisation d'entreprise permet d'analyser, d'évaluer la performance ou d'identifier les impacts sur le système et dès lors de fournir une aide à la décision.

Les méthodes présentées dans les paragraphes précédents ont été développées dans un cadre et un but bien spécifique. Elles répondent aux besoins qui justifient leurs existences à un moment donné et privilégient un des aspects du système modélisé.

Les cadres généraux de modélisation tels que GERAM et Zachman fournissent la structure de la méthode à développer. GERAM, plus que Zachman, fournit une structuration solide sur laquelle notre méthodologie peut s'appuyer. En ce qui concerne les langages de modélisation, nous avons vu que les orientations de PERA et GIM ne correspondent pas à notre problématique. CIMOSA offrent les bases de la modélisation d'entreprise qui ont été reprises dans les normes européennes. Si l'on se réfère au cube de CIMOSA, nous nous situons dans la phase de description de l'implémentation sur l'axe des modèles puisque nos travaux s'intéressent à la description de l'existant ou à un système cible. L'axe des vues en revanche adresse les différents regards qui peuvent être portés sur l'entreprise. ArchiMate propose l'approche la plus en rapport avec notre problématique. Associés avec la normalisation proposée par la norme ISO 19440, les concepts proposés serviront de base à la définition des concepts de notre méta-modèle.

La modélisation d'entreprise n'est pas uniquement un problème de développement de formalismes de modélisation mais également de méthodes de mise en œuvre. La modélisation d'entreprise n'est qu'un outil, elle doit être mise à disposition dans le cadre d'une offre de services correspondant aux véritables problématiques industrielles.

X. Conclusion

Dans cette partie de chapitre consacrée à la modélisation d'entreprise, nous nous sommes intéressés aux différentes techniques existantes (GRAI, PERA, CIMOSA, GERAM, Archimate ou encore Zachman). Nous avons mis en avant dans notre positionnement l'utilisation que nous ferons de ces différentes méthodes existantes. Il est intéressant de souligner que le travail des organismes de normalisation s'intéresse actuellement de près à ces méthodes ce qui montre l'importance de ces approches pour les entreprises.

La modélisation d'entreprise servira à la construction d'outils sur lesquels pourront s'appuyer notre approche car comme le souligne [Vernadat 99] dans sa définition, ces modélisations permettent d'expliquer la structure et le fonctionnement de l'entreprise, ce qui est l'étape initiale de la réflexion sur la gestion de son évolution. Ces méthodologies existantes et approuvées doivent servir de base à une réflexion centrée sur notre problématique et qui sera développée dans le chapitre IV.

L'analyse de l'entreprise peut aussi s'appuyer sur les techniques de gestion des processus métier qui visent à modéliser les processus de façon transversale à l'entreprise, à outiller ces processus pour faciliter leur exécution ou encore à piloter l'activité de ces processus au moyen d'indicateurs. Ces différentes approches sont développées dans la partie suivante.

La gestion des processus

I. Introduction

L'arrivée de l'ère industrielle, il y a plus d'un siècle, a contraint les entreprises et les entrepreneurs à s'interroger sur l'organisation de leur travail et donc de leur processus de fabrication. Depuis quelques décennies, les entreprises se retournent vers leurs clients pour les remettre au centre de leur préoccupation. Le management par les processus est issu de ce courant qui cherche à faire le lien entre la stratégie de l'entreprise et donc la prise en compte des attentes des clients et ses propres activités, c'est-à-dire ses processus. Qu'ils soient transverses à l'entreprise, en interne ou entre plusieurs entreprises, les processus représentent le fonctionnement même de tous les organes de l'entreprise.

L'entreprise doit pouvoir adapter rapidement ses processus internes pour mieux répondre aux clients mais aussi au marché. Il s'agit effectivement de pouvoir supporter les choix stratégiques de l'entreprise (amélioration du temps de cycle, augmentation de la capacité de production ou du rendement de production). Nous verrons que la modélisation des processus de l'entreprise est un élément très important de compétitivité de l'entreprise en permettant de connaître les impacts des modes de fonctionnement de l'entreprise et sa chaîne de valeurs. La performance de l'entreprise est donc basée sur l'optimisation du fonctionnement de ses processus à moyen et long terme.

L'approche par les processus explicite la nécessité pour les structures de l'entreprise d'être tourné vers les clients mettant en évidence que les différents acteurs intervenants dans un processus collaborent dans un seul et même but. L'éventail des techniques disponibles autour des processus est très large aujourd'hui et souvent les entreprises ne possèdent pas une vision des différentes possibilités qui leur sont offertes.

Cette partie détaillera donc les outils de la gestion des processus (figure II.15). Une première partie sera consacrée à la modélisation de ces processus qui est un pré-requis indispensable. Les deux parties suivantes aborderont l'analyse puis l'optimisation des processus.

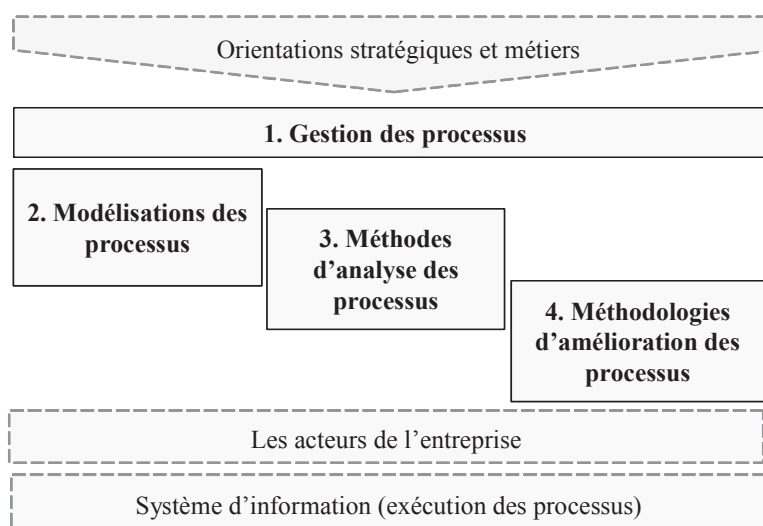


figure II.15 : La gestion des processus et plan du chapitre

II. La gestion des processus

La gestion des processus est un domaine de recherche récent qui vise à faciliter la compréhension et la communication entre agents humains, supporter et améliorer la gestion, l'automatisation et l'exécution des processus de travail. [Elzinga 95] le définit comme « any systematic, structured approach to analyse, improve, control and manage processes with the aim of improving the quality of products and services ».

La gestion des processus consiste à traiter les processus métiers comme un support à la création de valeur, élément clé de la gestion de l'entreprise. La gestion des processus est utilisée pour expliciter et définir l'utilisation des processus afin de mettre en avant les services rendus par ceux-ci et la valeur qu'ils apportent.

La *gestion des processus* a ensuite entraîné les organisations vers la *gestion par les processus*. L'objectif est alors d'organiser l'entreprise autour de ses processus, que ce soit les acteurs ou le système d'information. La démarche processus place le client et la stratégie au cœur des améliorations de l'organisation. Le pilotage par les processus est une méthode continue d'analyse, d'évaluation et d'amélioration de la performance des processus, centrée sur les besoins et les attentes des clients.

Mais la gestion par les processus va plus loin et suppose que l'organisation même s'oriente vers des structures adaptées qui donneront plus d'autonomie et de responsabilités aux acteurs d'un processus [Cattan 00]. Les approches de gestion des processus partent, pour réussir, d'une forte implication de la direction jusqu'à la sensibilisation de tous les acteurs de l'entreprise.

Les processus et donc la chaîne de valeurs deviennent le point d'entrée pour la mise en œuvre des évolutions organisationnelles, techniques et stratégiques. Nous allons détailler dans les paragraphes suivants les différentes composantes de la gestion par les processus. Elle nécessite tout d'abord leur identification dans le fonctionnement de l'entreprise, puis leur modélisation jusqu'à leur amélioration continue dans l'entreprise.

III. La modélisation des processus

La première étape de la gestion des processus est d'abord l'identification des processus de l'entreprise. Il n'existe pas de méthodologie pour identifier un processus dans l'entreprise. En revanche, des modèles de référence fournissent un premier cadre générique qui structure la décomposition des processus majeurs d'un domaine ou de l'entreprise. Ces modèles seront détaillés dans le paragraphe qui suit.

Ces processus, une fois identifiés, doivent être décrits. Cette phase correspond à la modélisation des processus. L'objectif de la modélisation est de faire apparaître les éléments constitutifs du processus, basé sur les méthodes de modélisation d'entreprise que nous avons vues précédemment. La plupart du temps, cette description passera par la réalisation des modèles graphiques de ces processus. L'utilisation d'une représentation graphique permet entre autre de faciliter l'explicitation des processus et la communication entre les acteurs de l'entreprise, atout indispensable à la mise en œuvre d'une gestion des processus. La représentation des processus et de leur environnement génère un grand nombre d'information qu'il est nécessaire de recueillir dans un outil (voir III.2).

III.1 Classification et modèles de référence

Des travaux ont été effectués pour classer les processus des entreprises et définir des modèles de référence pour les entreprises. Ces modèles de référence ont pour objectif de définir un cadre général avec une structuration des processus et la mise en évidence des meilleures pratiques (SCOR, ITIL). Ils fournissent aux entreprises une structuration sur laquelle elles pourront s'appuyer pour construire leur propre référentiel basé sur la consolidation des expériences de nombreuses entreprises.

III.1.1 La classification des processus

Les processus de l'entreprise peuvent être classifiés afin de définir des groupes de processus cohérents qui posséderont des propriétés communes, qui pourront être ensuite utilisées pour l'analyse.

L'une des classifications la plus connue est celle apportée par M. Porter dans sa description de la chaîne de valeur de l'entreprise [Porter 86] où il distingue les activités principales (celles qui concourent directement la création ou à la vente du produit) des activités de soutien (qui viennent en appui des activités principales).

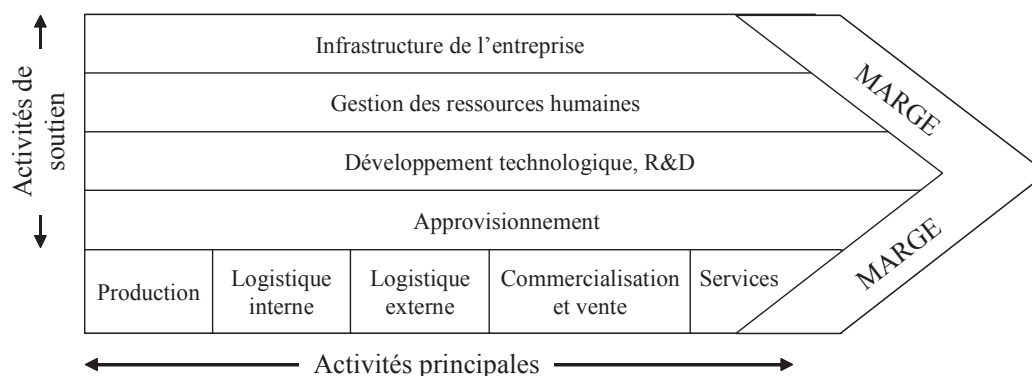


figure II.16 : La chaîne de valeur selon M. Porter [Porter 86]

L'autre découpage, très répandu dans les entreprises, proposé par la norme ISO 9001:2000 [Afnor 01] distingue 3 grandes familles de processus : les processus de réalisation (produit, conception, fabrication, vente, prestation), les processus de support ou de soutien (ressources, formation, informatique, comptabilité, maintenance) et les processus de management ou de pilotage (Politique, stratégie, technologie et innovation, planification, budget).

Le processus de pilotage vise à optimiser la prise de décision des acteurs le long de la chaîne opérationnelle. Le processus de réalisation est un enchaînement des activités à valeur ajoutée qui aboutit à délivrer un produit ou un service au client. Le processus de support soutient le processus de réalisation en optimisant ses ressources. [Morley 05] souligne que la majorité des typologies existantes des processus restent proches de cette philosophie de découpage.

[Lorino 95] lui distingue aussi les processus récurrents des processus de projets. Les processus récurrents se caractérisent par un output répétitif (produit industriel, facture, plan de production) dont la durée de réalisation est faible par rapport aux cycles de gestion. Les processus de projet se caractérisent par des outputs fortement personnalisés dont chaque unité a une importance significative pour l'entreprise (nouveau produit, nouveau système informatique...)

III.1.2 SCOR

Le modèle Supply-Chain Operations Reference (SCOR) est un modèle de référence des processus de la chaîne logistique, applicable quel que soit le type d'industrie, a été développé et déployé par le Supply Chain Council (SCC). A partir de la description de processus réels issus des entreprises membres, le SCC a dégagé les pratiques et les outils ayant permis d'atteindre les meilleurs résultats dans les processus de la supply chain [SCC 05].

Le modèle SCOR découpe la chaîne logistique en 5 types de processus : planification (Plan), approvisionnement (Source), fabrication (Make), livraison (Deliver) et gestion des retours (Return). Il se décline en quatre niveaux de détail (les deux premiers niveaux sont représentés dans la figure II.17).

Outre la description des éléments standards qui composent les processus de la supply chain, SCOR propose aussi des indicateurs de performances, la description des meilleures pratiques et l'identification des progiciels commerciaux permettant la mise en œuvre des meilleures pratiques.

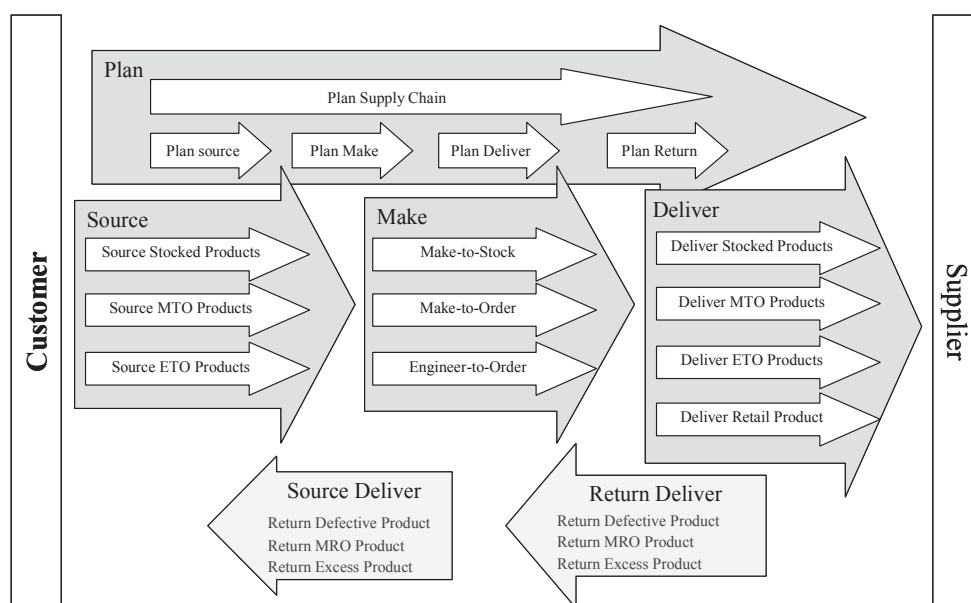


figure II.17 : Les deux premiers niveaux du modèle SCOR [SCC 05]

III.1.3 ITIL

ITIL (IT Infrastructure library) est un référentiel de bonnes pratiques des processus liés à la gestion des systèmes informatiques. Il a été créé en Grande-Bretagne en 1987 et un club utilisateur d'ITIL appelé itSMF (IT service management Forum) s'est développé depuis 1997.

L'objectif d'ITIL est de proposer des règles destinées à améliorer l'efficacité et la bonne utilisation des ressources informatiques. ITIL a pour but d'optimiser le fonctionnement des services informatiques en structurant les processus de gestion informatique et en facilitant le dialogue clients-fournisseurs (qu'ils soient internes ou externes).

ITIL s'intéresse à dix grands processus des directions des systèmes d'information qui sont regroupés dans deux grandes familles : les processus de support (gestion des configurations, help desk, gestion des problèmes, gestion du changement, gestion des mises en production) et les processus de fourniture de service (la gestion des niveaux de service, la gestion financière des services, la gestion de la capacité, la gestion de la continuité des services) [Nawrocki 05].

ITIL représente aujourd'hui l'approche la plus complète et la plus structurée fournissant des modèles de référence pour les services informatiques.

III.2 Les outils de modélisation des processus

Dans beaucoup d'entreprise, la modélisation des processus reste une activité dispersée dans les mains des différents acteurs de l'entreprise. Ceux-ci modélisent leurs processus au travers d'outil de dessin, seulement graphique et sans référentiel (PowerPoint, Visio...). La simplicité d'utilisation de ces outils est rapidement contrebalancée par la nécessité de posséder des représentations cohérentes et partagées des processus [Le Roux 04]. Celles-ci doivent pouvoir s'appuyer sur un référentiel commun afin de pouvoir représenter les différents aspects de l'entreprise et leurs interrelations.

Ces besoins peuvent être remplis par les outils de modélisation spécialisés dans la cartographie des processus et des systèmes d'information. Ces outils sont généralement assez simples à mettre en œuvre et à utiliser après de courtes formations. Les principaux acteurs actuels de la modélisation des processus sont Aris Toolset de la société IDS Scheer, MEGA process de la société MEGA, Corporate Modeler de la société Casewise, Adonis ou System Architect de la société Teologic.

Le principal atout de ces outils est la modélisation simple et rapide des processus intégrant une base de donnée permettant la gestion d'un référentiel d'entreprise sur les processus et le système d'information. Ces outils s'intègrent dans des suites complètes qui permettent d'effectuer de la modélisation d'entreprise (processus métier, système d'information, organigramme...). Ils permettent généralement ensuite de publier les informations renseignées dans le référentiel dans des documents ou des intranets d'entreprise.

La plus grande contrainte de l'utilisation de ces outils est la modélisation propriétaire qui en est issue étant donné le manque de standard dans la modélisation des processus. De plus, les interfaçages avec les outils de BPMS (Business Process Management System) (voir §.V.3) restent un point dur car ceux-ci utilisent d'autres méthodes de modélisation, plus orientées vers la conception informatique, soit propriétaire, soit standard (UML, BPMI...). L'intégration et la cohérence de ces différents niveaux de modélisation implémentés dans des outils différents sont un enjeu pour les éditeurs dans les années à venir.

Conclusion de la modélisation des processus

La modélisation n'est pas une fin en soi. Elle fournit un ensemble de données et de références sur le fonctionnement de l'entreprise qui peuvent être utilisées dans différents contextes en fonction de l'objectif qui est souhaité. Cette modélisation doit donc pouvoir être orientée en fonction de l'objectif défini. Par exemple, [Phalp 99] distingue deux utilisations des modèles de processus : un pour le développement d'application informatique et une autre pour la restructuration des processus métiers. En fonction de l'objectif attendu, les formalismes utilisés seront différents (voir [Aguilar-Saven 03]).

Ce recueil d'information constitue le point de départ pour une analyse de ces processus et des approches d'amélioration de leur performance. Cette analyse est la base de toutes les études sur les évolutions de la chaîne de valeurs et devient de plus en plus un avantage concurrentiel pour l'entreprise. Cette approche implique des modifications profondes dans les méthodes et l'organisation du travail.

IV. L'analyse des processus

Après cette première étape de classification, de référencement et de modélisation des processus, l'étape suivante des approches de gestion des processus consiste à évaluer et à analyser ces processus sous divers angles de vues. L'analyse des processus couvre à la fois le diagnostic et la simulation des processus ainsi que la vérification de son déploiement ou l'analyse de sa performance.

IV.1 L'analyse qualitative et structurelle des processus

L'analyse qualitative est souvent imbriquée avec la phase de modélisation. Les interviews nécessaires à la modélisation, la formalisation et la validation par les responsables des processus mettent en évidence les premiers dysfonctionnements. Ceux-ci peuvent être identifiés soit au travers de commentaires recueillis pendant les interviews ou lors de la modélisation. La formalisation même du processus fait apparaître des manques, des redondances, et des points d'amélioration.

L'analyse qualitative des processus peut aussi être réalisée grâce aux modèles de référence décrits dans le paragraphe précédent. Ces modèles de références fournissent l'ensemble des bonnes pratiques relatives aux processus d'un domaine. Une analyse qualitative peut être effectuée en comparant les processus de l'entreprise avec les processus de référence afin d'analyser les écarts et les points d'amélioration.

L'analyse structurelle du processus peut aussi se révéler importante notamment dans un objectif d'informatisation de ces processus. Certains formalismes peuvent être utilisées afin de vérifier l'exécutabilité de la modélisation (des langages tel que le Business Process Modelling Language cherche à se baser sur ces formalismes). La réalisation de modèles possédant un langage au formalisme précis permettent l'analyse des propriétés sémantiques du processus [Smith 03].

IV.2 L'analyse quantitative des processus

D'autres méthodes plus liées à l'analyse quantitative des processus cherchent à évaluer les paramètres caractéristiques du système étudié en fonction d'un point de vue particulier : temporel, stratégique, coût, qualité... En fonction de l'angle qui souhaite être étudié, les modélisations seront différentes ainsi que les informations nécessaires à la mise en œuvre de ces méthodes.

L'analyse temporelle des processus est le plus souvent effectuée grâce à des modélisations des Systèmes à Événements Discrets tel que les réseaux de Petri. L'utilisation de la simulation facilite aussi ce type de diagnostic car elle fournit aux experts une connaissance précise de l'état d'un processus basé sur des données réelles fournissant une aide précieuse pour les prises de décision. La simulation permet d'appréhender le comportement dynamique d'un système réel afin de reproduire en accéléré ses trajectoires d'évolution et de fournir des indicateurs pertinents pour le décideur.

Chaque point de vue étudié représente une composante de la gestion des processus qui s'appuie sur des méthodes spécifiques, souvent complémentaires. Les paragraphes qui suivent détaillent trois méthodes adressant chacune un point de vue particulier.

IV.2.1 Activity Based Costing (ABC)

L'ABC, Activity Based Costing, est une méthode de comptabilité par activités. Cette approche constitue une analyse financière de tous les coûts de toutes les activités et de leurs liens avec les produits. Cette méthode adopte une vision transversale de l'entreprise et non plus hiérarchique.

Le principe de base des approches ABC est que les activités consomment des ressources et les produits consomment des activités. Les activités se découpent en deux familles, les activités primaires pour lesquelles les coûts sont « traçables aux produits » et les activités secondaires dont la sortie est destinée à plusieurs autres activités dont elles constituent le support [Lorino 03]. L'objectif final est l'allocation des coûts aux produits.

Ces méthodes de calcul des coûts s'appuient sur la définition des processus qui fournissent le découpage des activités de l'entreprise et sont déployées dans les méthodes de gestion ABM (activity based management). Celles-ci prônent notamment la mise en évidence du lien entre les activités stratégiques et la gestion des processus de l'entreprise.

IV.2.2 Balanced Scorecard

Le Balanced Scorecard propose un mode de management et de pilotage de l'entreprise en s'appuyant sur l'élaboration et le déploiement de la stratégie. Celle-ci doit se décliner en des termes mesurables qui constitueront un outil de pilotage. L'élaboration de la stratégie doit respecter l'équilibre permanent de quatre perspectives : financière, client, processus interne, apprentissage organisationnel (quel est la capacité de l'entreprise à progresser ?).

Kaplan et Norton [Kaplan 96] ont ainsi mis en évidence trois types de leviers agissant sur la performance future de l'entreprise : la satisfaction des clients, l'amélioration des processus et l'innovation ou la capacité d'apprentissage de l'organisation.

La perspective des processus internes suggère d'identifier les processus clés dont la performance influe directement sur la réussite de l'entreprise. Le Balanced Scorecard permet ainsi de définir des indicateurs et des objectifs pour évaluer la contribution des processus à l'atteinte des résultats stratégiques de l'entreprise [Afnor 01].

IV.2.3 Méthode 6 sigma

Née en 1986 chez Motorola, les bases de la démarche six sigma (sigma symbolise la variabilité statistique) sont posées par l'extension de l'usage des statistiques à l'évaluation de la performance des processus de production. Elle devient célèbre en 1995 quand elle fut mise en œuvre à grande échelle chez General Electric.

La méthode Six Sigma concilie plusieurs objectifs : doter l'organisation d'actions mesurables et efficaces, réduire les pertes et coûts de la qualité, et souvent par ces biais améliorer l'image de marque d'une entreprise.

Le principe est que tout processus est incapable de produire exactement le même résultat sur la durée. Cette variabilité est incontournable et doit être contrôlée. L'objectif est donc de mesurer la valeur nominale qu'il est souhaitable d'obtenir (la moyenne) ainsi que les limites de variation acceptables par rapport à cette valeur (intervalle de variation). La méthode cherche la régularité absolue. Elle est centrée sur la satisfaction du client qui évalue les résultats du processus. La démarche six sigma est ensuite appliquée au sein d'un modèle d'amélioration continue connu sous le nom de DMAAC (Définir, Mesurer, Analyser, Améliorer, Contrôler).

Au départ conçue pour la production, la méthode fut étendue aux autres domaines de l'entreprise. Il est rare que l'approche Six Sigma s'applique à l'ensemble d'un macro processus ; plus souvent, elle s'intéressera à un sous-processus voire à une fonction. Il s'agit dès lors d'avantage d'optimiser le processus existant au sein d'un projet ciblé que de redessiner une partie ou tout un processus. Cette méthode offre une mesure de la performance des processus, mais son approche très technique nécessite des efforts de formation et de support importants pour sa mise en œuvre.

Conclusion sur l'analyse des processus

Comme nous l'avons vu dans les paragraphes précédents, de nombreuses méthodes s'appuient sur la notion de processus et sur leur modélisation. Ces méthodes permettent d'analyser la structure et la performance des processus. La description du processus constitue une base commune que ce soit pour la mesure des coûts, des délais, de la qualité. [Lorino 03] distingue ainsi trois fonctions du processus pour le pilotage : la fonction d'intégration (il est transversal à l'entreprise), la fonction de gestion du temps (il identifie le déroulement des activités dans le temps) et de « retour collectif sur l'action » qui recentre l'évaluation et l'amélioration sur une approche globale de l'entreprise. La notion de processus est donc un aspect indispensable pour comprendre et piloter l'organisation et la performance de l'entreprise.

V. L'amélioration des processus

L'amélioration a toujours été une préoccupation majeure de l'entreprise quel que soit le domaine concerné. Pour suivre la démarche de gestion des processus, le point de départ en est la modélisation puis l'analyse de sa performance. Basée sur la définition d'indicateurs mesurant les indicateurs clés des processus, l'identification des points faibles et des points forts du processus permet de mettre en oeuvre des méthodes d'amélioration.

L'amélioration des processus est soit liée à une amélioration des processus métier - remise en cause des processus ou amélioration continue - soit à leur niveau d'automatisation.

V.1 Business Process Reengineering (BPr)

Le re-engineering, ou BPR (Business Process Reengineering) est une démarche de remise en question et de redéfinition en profondeur des processus d'une organisation en vue d'obtenir une amélioration spectaculaire des principales performances en matière de coût, délais et de qualité [Hammer 93]. Le mouvement du BPr a été lancé par M. Hammer. Dans un article de 1990, [Hammer 90] critique les informatisations traditionnelles qui ont copié les procédures manuelles antérieures notamment pour ne pas remettre en cause la répartition des rôles entre les divers services. [Grover 95] définit le BPr comme « *the critical analysis and radical redesign of existing business processes to achieve breakthrough improvements in performance measures* ».

Le BPr est un processus vertical allant du haut vers le bas, propageant la notion de vision managériale, et, ayant pour but des améliorations radicales de performance à court terme. Le concept fondamental du BPr est la réorganisation complète du processus et de la division des tâches afin d'en réduire le temps et les efforts. La notion de processus et son utilisation sont aussi le cœur de la démarche et casse le modèle fragmenté de l'entreprise organisée en départements. De plus, l'approche suggère fortement l'utilisation des technologies de l'information pour intégrer complètement ces processus.

L'impopularité des méthodes de re-engineering dû à de cuisants échecs a entraîné l'utilisation de l'expression « amélioration des processus », plus utilisée dans les entreprises mais qui dénote aussi une « déradicalisation » de l'approche. Bien qu'à utiliser avec précaution, ces méthodes produisent des améliorations significatives de la performance de l'entreprise.

V.2 L'amélioration continue

[Afnor 01] définit l'amélioration continue comme l'activité régulière permettant d'accroître la capacité à satisfaire aux exigences. L'amélioration est une des notions de base de la qualité. Elle a été modélisée par le statisticien américain Deming comme étant une roue, qui par un mouvement de rotation, permet de gravir la pente qui mène à l'excellence. (On appelle également cette modélisation le PDCA) :

PLAN signifie que l'on doit préparer une action, la planifier

DO signifie que l'on doit faire l'action

CHECK signifie que l'on doit contrôler, vérifier que les objectifs sont atteints

ACT signifie que l'on doit réagir pour corriger ou pour améliorer

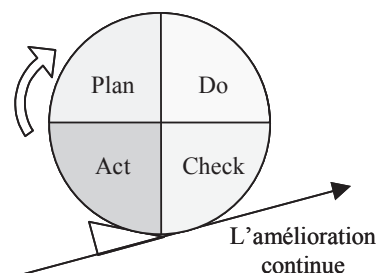


figure II.18 : La roue de Deming

La norme ISO 9001 décrit les exigences relatives à un système de management de la qualité pour une utilisation soit interne, soit à des fins contractuelles ou de certification. Il s'agit ainsi d'un ensemble d'obligations que l'entreprise doit suivre. La norme ISO 9001 met notamment en avant deux principes de management : l'approche processus et l'amélioration continue.

L'« approche processus » désigne l'application d'un système de processus au sein d'un organisme, ainsi que l'identification, les interactions et le management de ces processus.

Le management des processus constitue aujourd'hui l'un des outils les plus performants de l'amélioration continue. Pour cela, tous les processus définis par l'entreprise doivent faire l'objet « d'une mise sous contrôle avec pour objectif d'être capable de réfléchir sur la pertinence des dispositions précises, mais aussi des ressources allouées en fonction des objectifs définis » [Afnor 01].

V.3 L'exécution informatisée des processus ou Business Process Management System (BPMS)

L'amélioration et la gestion du changement des processus ne peuvent plus désormais être dissociées de leurs implémentations dans le système d'information de l'entreprise. L'utilisation des technologies mises à disposition autour des processus est en pleine expansion et représente un nouveau levier de la gestion des processus.

La nouvelle tendance qui se dessine avec les approches de BPMS consiste à séparer les processus métiers des logiciels applicatifs, en les modélisant et en automatisant leur exécution directement à partir du modèle. [Aalst 03] donne la définition suivante du BPMS : « a generic software system that driven by explicit process design to enact and manage operational business process » Dans cette définition, Aalst fait référence à la généricité de ces applications en raison de la possibilité de modifier la configuration du processus sans impacter l'application.

Dans le contexte de la gestion des processus dans l'entreprise, il devient incontournable de s'arrêter sur ces outils afin de les positionner vis-à-vis de l'intégration de la vision processus dans le système d'information.

Dans la littérature, il est courant de retrouver l'acronyme BPM restreint au domaine de l'exécution informatique des processus. Dans le positionnement proposé par BPMI (Business Process Management Initiative), cette notion est prédominante. Les paragraphes qui suivent décrivent les différents domaines applicatifs compris dans le BPMS.

V.3.1 Les Enterprise Resource Planning (ERP)

Les ERP (Enterprise Resource Planning) ou PGI en français, (Progiciel de Gestion Intégrée), sont des applications dont le but est de coordonner l'ensemble des activités d'une entreprise (activités dites horizontales telles que la production, l'approvisionnement ou bien verticales comme le marketing, les forces de vente, la gestion des ressources humaines, etc.) autour d'une même solution informatique.

Les ERP devaient permettre une intégration complète portée par une solution unique. Pourtant, elles n'ont su, jusqu'à présent, ne fournir que des réponses centralisées, souvent partielles et limitées à leur périmètre de déploiement [Pairat 05].

Avec l'expérience, les ERP ont montré qu'au travers de leur implémentation, d'autres aspects non techniques étaient essentiels : redéfinition du mode de fonctionnement de l'entreprise, remise à plat des processus métier, accompagnement du changement. La mise en place des ERP nécessite une définition précise des besoins et une réflexion sur l'organisation cible afin de ne pas aboutir à une inadéquation entre l'organisation de l'entreprise et le déploiement technologique de l'ERP. La difficulté d'appréhender l'organisation passe désormais par l'utilisation des méthodes de modélisation des processus de l'entreprise qui permettent ensuite de faire le lien avec la paramétrisation des ERP (dans l'offre logicielle, cela se traduit par exemple par l'intégration de l'outil de modélisation des processus ARIS dans la solution ERP SAP).

V.3.2 Le Workflow

Le concept de *workflow* est essentiellement présent aujourd'hui dans le contexte de l'informatisation, c'est-à-dire de l'automatisation au moins partielle d'un " enchaînement des tâches ". Les applications de workflow ont été à leur origine associées aux systèmes de gestion électronique de document (GED) et ses applications ont eu pour objectif de traiter les flux d'information et les séquences de tâches liés au processus de travail de l'entreprise. Le WfMC (Workflow Management Coalition) définit un workflow comme « *the automation of a business process, in whole or part, during which documents, information or task are passed from one participant to another for action, according to a set of procedural rules* » [WfMC 97].

Une **application de workflow** (Workflow Management System) est un outil de spécification et d'automatisation des processus de travail coopératif de type administratif. Elle permet de décrire l'enchaînement des tâches concourant à un processus d'entreprise donné. L'application se base sur la description du ou des objets à produire, du circuit que l'objet doit parcourir d'un intervenant à un autre (via le réseau local ou étendu de l'entreprise), des tâches à effectuer pour passer d'une étape à la suivante et des rôles des acteurs intervenant dans les tâches.

Les systèmes de gestion du workflow vont permettre de prendre en charge le suivi des processus et de les considérer dans leur intégralité. Ainsi, c'est une nouvelle manière de supporter les processus de l'entreprise. Son but est d'organiser et automatiser l'enchaînement

des tâches effectuées par différents intervenants dans le cadre d'un processus de travail intellectuel.

La plupart des workflow ont des étapes séquentielles et parallèles. Ils impliquent le mouvement et le suivi des individus, documents, produits et informations. Comme toute technologie ou logiciel, le workflow nécessite une phase de conception, dont la modélisation des processus métiers concernés.

V.3.3 L'EAI

EAI signifie Enterprise Application Integration, ce que l'on pourrait traduire par "intégration des applications d'entreprise". L'EAI est un ensemble de méthodes, d'outils et de services qui concourent à faire communiquer des applications hétérogènes dans le cadre de l'entreprise traditionnelle, répartie ou étendue. L'EAI s'intéresse aux flux qui circulent dans l'entreprise au travers des enchaînements d'applications. Un logiciel d'EAI donne la possibilité de modéliser les processus et les échanges inter-applicatifs qui en découlent.

L'EAI vise à donner au système d'information la flexibilité et la modularité que requiert la gestion d'une entreprise en cartographiant son système d'information et en modélisant les flux de données au regard de ses processus fonctionnels [Rivard 02].

Les solutions actuelles d'EAI souffrent d'un manque de corrélation avec la modélisation des processus métiers. Ceci rend délicat l'alignement entre le métier et le système informatique [Boullier 02].

V.3.4 La gestion des règles métiers

La gestion des règles métiers (Business Rules Management – BRM) est une approche d'architecture informatique visant à améliorer la productivité. Comme nous l'avons vu précédemment, les outils de BPMS définissent et automatisent la manière dont les procédures devront être orchestrées pour supporter les processus de l'entreprise. Le BRM a pour vocation d'automatiser des règles de fonctionnement régissent les prises décisions au sein des processus. Ces approches élargissent encore le champ d'automatisation des processus.

V.3.5 Business Activity Monitoring (BAM)

Les outils de BAM proposent les fonctionnalités pour la détection, le pilotage, l'analyse et l'établissement d'indicateurs qui permettent l'optimisation de processus. Le terme Business Activity Monitoring a été introduit par le Gartner Group pour désigner l'activité qui permet d'accéder en temps réel aux indicateurs de performance pour améliorer la vitesse et l'efficacité des opérations. Les outils de BAM sont donc des outils dédiés au suivi des processus métiers [Adams 02]. Les outils de BAM génèrent du reporting en temps réel dédiés aux responsables fonctionnels de l'entreprise. Ils sont une surcouche sur les outils de BPMS tels que les workflows ou les EAI.

V.3.6 Les langages de modélisation du processus dans le BPMS

Comme nous l'avons vu dans le §.III.2, les outils de modélisation des processus sont des outils différents de ceux utilisés dans les outils de BPMS pour l'implémentation informatique des processus. En effet, ces outils sont dissociés dans l'offre logicielle du marché, mais il est aussi intéressant de constater que les profils utilisateurs (métier ou informatique) et le niveau de granularité (plus fin côté implémentation) diffèrent. Pourtant, il est essentiel de s'assurer de la cohérence entre les modèles métiers et les modèles utilisés dans les outils décrits dans les paragraphes précédents.

Jusqu'à présent les développeurs utilisaient le langage UML (Unified Modelling Language) pour décrire les besoins de ses utilisateurs [Eriksson 00]. Ce langage, devenu un standard dans

le développement d'applications, est difficilement utilisable pour la communication avec les acteurs métiers en raison de son formalisme. Certains standards en cours de déploiement abordent cette problématique :

Le WfMC standard est développé par le WfMC (Workflow Management Coalition), dont l'objectif est de promouvoir et de développer l'utilisation de la gestion électronique de processus (*workflow*). Le groupe WfMC (qui recense une trentaine des fournisseurs et utilisateurs de workflow les plus importants) travaille à la définition d'un standard d'interopérabilité entre les différents systèmes de workflow du marché. Sa première tâche est de fournir une définition commune des termes relatifs au workflow [WfMC 99]. Par contre, il considère que la phase initiale de modélisation des processus n'est pas un domaine de standardisation.

Lancée en juillet 2000 par Intalio, l'initiative BPMI (Business Process Modelling Initiative), regroupant plus de cent cinquante sociétés, est dédiée à la formalisation et l'exécution des processus métier des entreprises. L'organisation BPMI a fusionné en milieu d'année 2005 avec l'organisation OMG (Object Management Group). Dans le cadre de BPMI, deux formalismes ont notamment été développés : BPML et BPMN.

BPML (Business Process Modeling Language) est une spécification à la fois pour la modélisation des processus métiers et pour la construction d'une application de gestion des processus. BPML fournit le modèle nécessaire à l'exécution dans les moteurs BPMS et le Business Activity Monitoring.

BPMI a aussi développé BPMN (Business Process Management Notation) qui est chargé de fournir une notation graphique complète permettant de représenter un processus métier ainsi que d'assurer un passage vers les langages d'exécution, en s'appuyant notamment sur la séparation entre les informations métier et les informations techniques. Parmi les acteurs du marché impliqués dans cette démarche on trouve notamment les grands acteurs de la modélisation des processus Intalio, Popkin, MEGA et IDS-Scheer,

L'objectif de cette notation commune est de permettre à terme une interopérabilité entre différentes applications, de la modélisation à l'exécution des processus.

Conclusion sur les BPMS

Les solutions de workflow permettent de coordonner des séquences de tâches effectuées par plusieurs utilisateurs alors que les solutions EAI permettent de connecter les applications du système informatique [Boullier 02].

Les outils d'automatisation des processus sont devenus incontournables dans le paysage de la gestion des processus. Ils offrent de nouvelles possibilités d'optimisation des processus, de leur organisation et de leur flexibilité avec la mise en place de gestions des règles métiers (BRM) ou de suivi de la performance (BAM). L'automatisation des processus métiers a bien sûr pour objectif, de réduire les coûts, de diminuer les erreurs humaines... afin d'améliorer leur efficacité et d'améliorer la qualité de service. Le Business Process Management peut donc se positionner à l'intersection à la fois des problématiques métier mais aussi désormais de son intégration dans le système informatique (voir figure II.19).

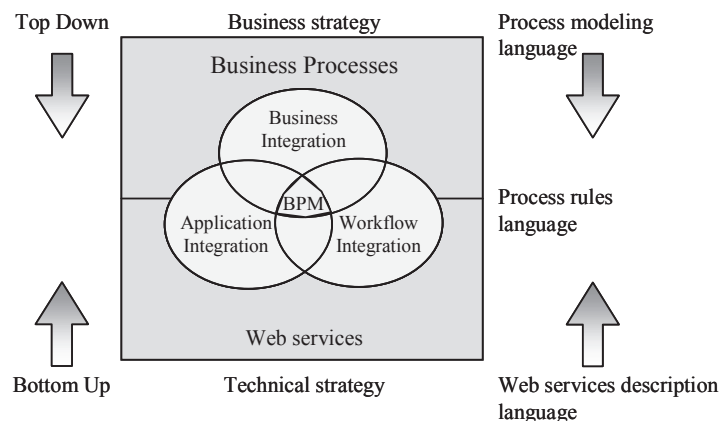


figure II.19 : Le positionnement du BPM (www.bpmi.org)

Pourtant, la nécessité de conserver les processus métiers instrumentés cohérents avec les besoins et l'existant métier est un enjeu difficile comme nous l'avons vu notamment au travers de la modélisation. De plus, ils constituent de nouveaux composants du système informatique qu'il faut prendre en main et harmoniser avec les enjeux du métier. L'utilisation de l'approche processus au sein du système informatique prolonge la gestion de l'organisation par les processus mais doit encore répondre à de nombreuses problématiques tel que l'utilisation de modèles implémentables ou l'utilisation de fouilles de donnée pour optimiser les processus [Dayal 01].

Conclusion sur l'amélioration des processus

Depuis maintenant plusieurs dizaines d'années, les entreprises s'interrogent sur leur organisation et leur mode de fonctionnement à travers leur processus.

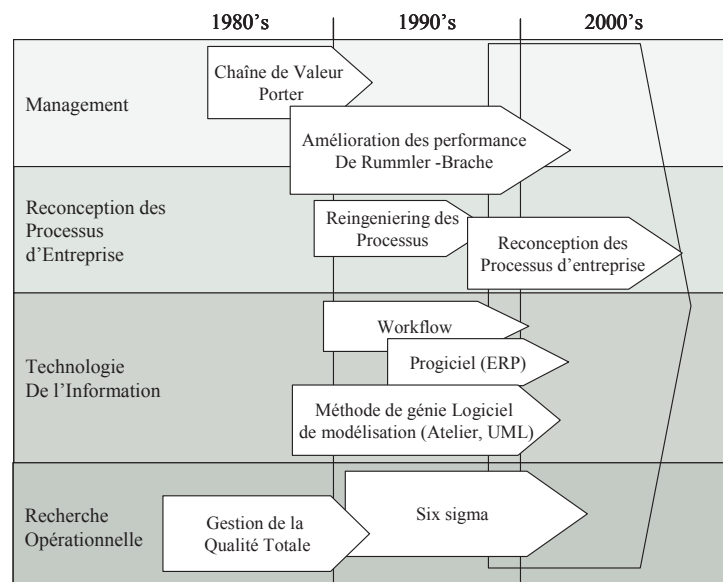


figure II.20 : Les idées clés ayant influencé la transformation des processus [Harmon 03]

Les principales méthodologies qui ont fait évoluer le positionnement des processus ont été présentées dans les paragraphes précédents et sont synthétisées dans la figure II.20. Les processus d'entreprise (ou *Business Process*) représentent leur cœur de métier. Ils constituent dès lors le point d'entrée de nombreuses méthodologies de gestion de l'entreprise et de gestion du changement.

Nous inscrivons notre travail dans le domaine du Business Process Management (selon la représentation scientifique et non industrielle qui ne s'intéresse qu'à l'instrumentation des processus – workflow, EAI). Nous nous inscrivons à la suite de [Burlton 01] qui souligne la nécessité de gérer l'évolution du système d'information par l'intermédiaire d'une approche orientée processus qui favorise une ingénierie du système globale et cohérente.

VI. Conclusion

Dans cette partie, nous avons pu exposer les techniques existantes autour de la notion de processus. Elles nous montrent que les apports des approches centrées autour des processus sont nombreux.

L'une des caractéristiques de l'approche par les processus est le déplacement du centre d'attention de l'optimisation locale vers une vision globale, et notamment sur les interfaces entre les organisations. L'approche par les processus, qui est transorganisationnel, remet le client au centre des préoccupations de l'organisation. Dans la perspective du changement, les entreprises s'orientent vers le client pour mieux répondre à leurs attentes et améliorer ses propres marges de l'entreprise.

Face à ces besoins d'amélioration ou d'adaptation, la gestion optimale des évolutions de l'entreprise doit se baser sur la maîtrise des changements des processus. Cette maîtrise repose sur une vision globale des processus de l'entreprise, la mise en place d'indicateurs et d'outils permettant de quantifier et représenter le risque global d'un changement.

En cela, nous verrons comment apporter une aide à la décision en cas de nécessité de changement. Les processus doivent trouver leur place au centre d'une démarche outillée de gestion des évolutions dans l'entreprise.

Positionnement de notre approche

I. La notion de système d'information

Avant que nous revenions sur les apports de l'état de l'art, il nous paraît indispensable de s'attarder sur un terme important de nos travaux : le système d'information.

Le terme de système d'information est utilisé dans de nombreux domaines et dans de nombreux contextes. [Vidal 00] souligne la grande diversité de ces définitions. Les définitions de ce terme, concept central dans notre approche, méritent donc d'être précisées dans le cadre de notre étude.

La place prépondérante que l'informatique prend dans l'entreprise a conduit à une confusion entre la définition initiale du système d'information tel qu'il est défini dans la littérature scientifique et le système d'information assimilé au système informatique que l'on trouve dans l'usage courant ou industriel du terme.

Le système d'information a été introduit par la théorie des systèmes. De cette approche, nous retiendrons une définition proposée par [Vernadat 99] : « *le système d'information est composé de toutes les données ou informations utilisées, stockées ou transformées par les besoins utilisateurs ou d'applications en entreprise ainsi que de l'ensemble des processus de traitement appliqués à ces informations dans leur environnement organisationnel* ». Cette définition positionne le système d'information dans le contexte organisationnel sans pour autant les confondre.

D'autre part dans l'industrie, la notion de système d'information est définie avec une approche plus instrumentale et technique qui se retrouve dans certaines définitions ([Wiseman 85] considère le système d'information comme une application informatique en entreprise).

Or, la gestion de l'évolution nécessite de prendre en compte toutes les composantes du système d'information et notamment sa composante organisationnelle. Nous nous rapprochons donc de [Morley 03] qui donne la définition suivante : « Le système d'information est la partie du réel constituée d'informations organisées, d'événements ayant un effet sur ces informations et d'acteurs qui agissent sur ces informations ou à partir de ces informations, selon des processus visant une finalité de gestion et utilisant les technologies de l'information ». Cette définition souligne aussi le lien entre la stratégie et le système d'information, notion fortement intégrée dans les approches d'urbanisme du système d'information.

Pour éviter la confusion que nous avons identifiée précédemment, nous précisons donc que nous utiliserons le terme système d'information pour désigner la totalité de ce système, intégrant sa composante organisationnelle et non informatisée. Dans nos travaux, lorsque nous parlerons de la composante informatisée du système d'information, nous y ferons référence sous le terme de système informatique.

II. Positionnement de notre démarche

Les industriels confirment l'importance de la problématique de gestion du changement. 81% d'entre eux soulignent l'impact de la capacité à gérer le changement sur les performances globale [Crestani 05]⁵. Nous avons souligné que de nombreuses méthodes de gestion du changement existent mais qu'il existe un manque important d'outillages afin d'aider les dirigeants des entreprises à prendre en compte la complexité et la globalité de l'entreprise dans leurs processus de décision, notamment pour les changements concernant le système d'information.

L'urbanisme du système d'information propose des mécanismes d'urbanisation qui s'appliquent principalement au système informatique. Il inclut une démarche et des concepts importants mais qui gagneraient à être étendus en dehors du système informatique, afin d'enrichir ces méthodologies de nouveaux concepts pour la gestion de l'évolution. La méthodologie que nous proposons s'inscrit dans cette perspective. Elle est intitulée **urbanisme organisationnel du système d'information** en référence aux méthodologies existantes d'urbanisme du système d'information.

II.1 L'urbanisme organisationnel et l'urbanisme du système informatique

Avant de développer l'urbanisme organisationnel, précisons son positionnement par rapport à l'urbanisme du système d'information.

L'urbanisme du système d'information est défini par le club Urba-SI comme « l'organisation de la transformation progressive et continue du système d'information visant à le simplifier, à optimiser sa valeur ajoutée et à le rendre plus réactif et flexible vis à vis des évolutions stratégiques de l'entreprise tout en s'appuyant sur les opportunités technologiques du marché. L'urbanisme définit des règles ainsi qu'un cadre cohérent, stable et modulaire auquel les différentes parties prenantes se réfèrent pour toute décision d'investissement dans le système d'information ».

Les développements de l'urbanisme du système d'information portent sur la structuration du système informatique tel que nous l'avons défini dans le paragraphe précédent (et non pas du système d'information). Partant de cette constatation, l'*urbanisme du système d'information* sera donc renommé dans la suite de cette thèse *urbanisme du système informatique*.

L'urbanisme organisationnel du système d'information se positionne dans la continuité de l'urbanisme du système informatique dont le but est d'adapter au mieux le système d'information à la stratégie de l'entreprise. Son objectif est d'appliquer les mécanismes de l'urbanisme du système informatique aux processus de l'entreprise.

Ce positionnement est repris dans la figure II.21. La dénomination d'urbanisme du système d'information représente un cadre général dans lequel s'inscrivent les deux méthodes de l'urbanisme du système informatique et l'urbanisme organisationnel.

II.1.1 Des objectifs cohérents...

L'*urbanisme du système informatique* s'attache à offrir un cadre conceptuel et une démarche permettant d'associer étroitement la stratégie de l'entreprise, les événements extérieurs qui la concernent et le système informatique sur lequel elle s'appuie pour exercer son activité.

⁵ Enquête sur les méthodes et outils de la gestion du changement réalisée auprès d'un panel d'industriels français, dans le cadre de l'Action Spécifique ADESI.

L'urbanisme du système informatique a pour objectif une meilleure adaptation de celui-ci aux besoins de l'entreprise et de ses utilisateurs.

L'urbanisme organisationnel des systèmes d'information s'appuie sur les mêmes objectifs d'adéquation du système d'information avec les orientations et stratégies de l'entreprise. Mais le système d'information est cette fois-ci traité dans toutes ses dimensions sans le restreindre aux systèmes informatiques. L'urbanisme organisationnel propose d'ajouter une étape dans la démarche : il s'agit d'urbaniser les processus en s'appuyant sur l'environnement de l'entreprise dans lequel ils évoluent (qui prend en compte le système informatique). L'objectif est donc de mettre en place un urbanisme organisationnel afin de pouvoir définir un cadre pour la gestion de l'évolution des processus métiers.

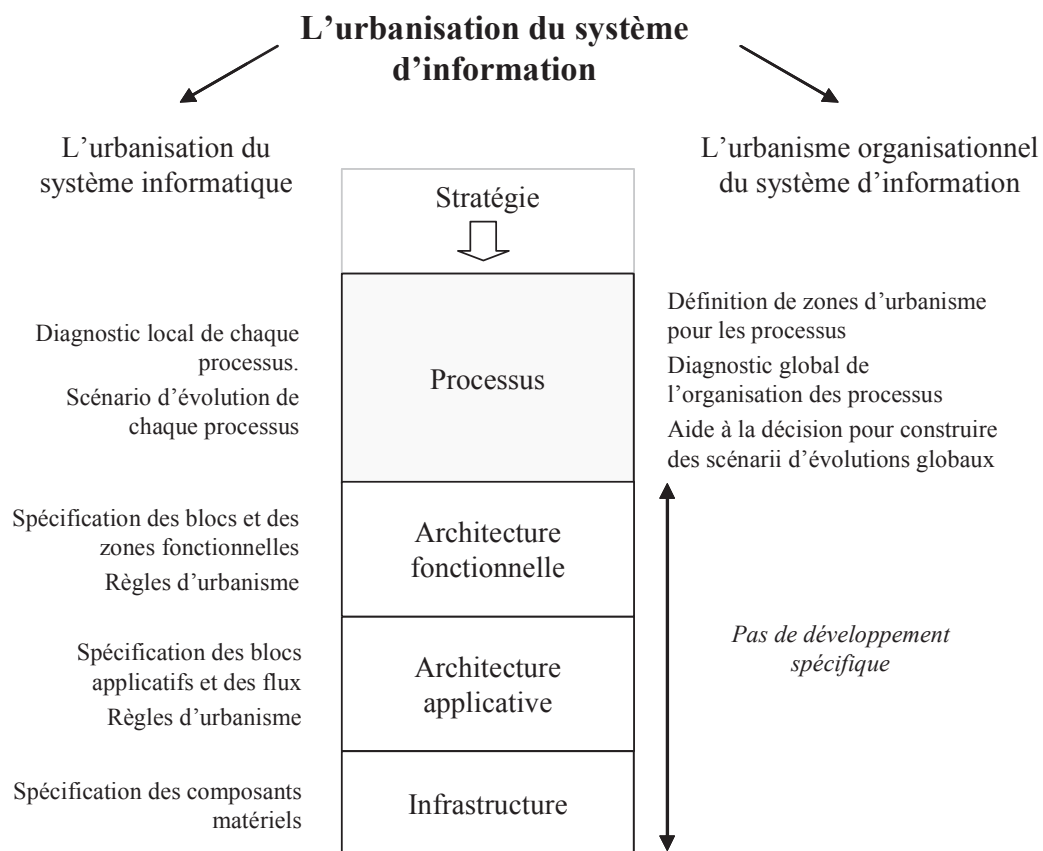


figure II.21 : Le positionnement des urbanismes

II.1.2 Réutilisation de l'urbanisme du système informatique.

Les approches des méthodologies *d'urbanisme du système informatique* apportent des concepts importants pour notre approche, même s'il est nécessaire de les mettre en perspective avec ce qui a été précisé dans les paragraphes précédents. Les concepts méthodologiques de l'urbanisme peuvent être réutilisés à plusieurs niveaux :

- **Modélisation du système d'information** : la nécessité de connaître son entreprise apparaît fondamentale avant toute gestion de l'évolution. Cette démarche est reprise au travers des cartographies à réaliser en amont de cette gestion. De plus, l'urbanisme propose un découpage du système d'information en strates qui favorise le découplage des niveaux et leurs évolutions.

- Stratégique : l'importance de mettre en évidence le lien avec les orientations stratégiques de l'entreprise apparaît comme une nécessité pour organiser l'entreprise vers une gestion par les processus. Dans le même domaine, les notions de scénarii et de cible permettent de cadrer la gestion de l'évolution quel que soit le domaine.
- Fonctionnel : la mise en place d'un découpage (zone, bloc, îlot...) permet de définir des ensembles cohérents pour mieux répondre à la complexité inhérente au système. Ce découpage permet la construction de sous-systèmes indépendants favorisant l'évolution.

Comme nous l'avons précisé précédemment, ces deux méthodes travaillent pour des objectifs cohérents avec des domaines d'applications complémentaires (le système informatique répond aux besoins des processus métiers). Pour cette raison, l'urbanisme s'appuiera sur les concepts développés dans l'urbanisme du système informatique (scénarii, blocs fonctionnels, règles métiers...).

II.1.3 La valeur ajoutée de l'urbanisme organisationnel...

L'urbanisme du système informatique part d'une définition du système d'information centré sur l'optimisation des ressources informatiques. En effet, sa démarche se situe sur l'adéquation entre le patrimoine applicatif de l'entreprise, son utilisation et les besoins de l'entreprise pour répondre à ses objectifs stratégiques.

L'urbanisme organisationnel du système d'information s'intéresse principalement à l'utilisation des processus dans leur environnement. Les processus sont au centre du fonctionnement de l'entreprise et dans cette optique seront le cœur de notre démarche cherchant à gérer l'évolution.

Dans la partie sur la gestion par les processus, nous avons souligné l'importance de la vision transversale que fournissaient ces approches, permettant de ce fait de se recentrer sur les besoins du client et les évolutions du marché. L'élargissement des approches d'urbanisme vers une gestion de ces processus permettra ainsi le développement d'une méthodologie et d'outils apportant une nouvelle vision du système d'information pour les managers de l'entreprise.

L'enjeu de l'urbanisme organisationnel est donc le développement d'une approche de gestion de l'évolution dans l'entreprise et d'aides à la décision, basées sur les processus. Cette méthodologie est développée dans le chapitre suivant.

Chapitre III

L'urbanisme

organisationnel du système

d'information

I. Introduction

L'urbanisme organisationnel du système d'information est une méthodologie de gestion des évolutions du système d'information mais elle se veut aussi être une démarche pragmatique à mettre en œuvre dans les entreprises pour gérer le changement organisationnel.

En s'appuyant sur les méthodes d'urbanisme du système informatique, trois grandes orientations ont été retenues :

- Le lien avec la stratégie de l'entreprise qui doit guider les évolutions du système d'information,
- La modélisation du système d'information apportant la connaissance de son fonctionnement,
- Le découpage du système d'information afin d'obtenir des regroupements de processus fortement couplés vis-à-vis de la gestion du changement.

Dans cette partie, nous présenterons donc les fondements théoriques ainsi que les concepts qui ont orienté cette méthodologie en réponse aux manques que nous avons mis en évidence dans la synthèse de l'état de l'art. Cette méthodologie constitue le cadre conceptuel de nos travaux, dans lequel ont été développés les outils qui seront présentés dans les chapitres suivants.

Dans une première partie, nous présenterons les grandes orientations que nous avons choisies pour la méthode. Les limites du champ d'action de notre méthodologie seront aussi précisées. Les trois parties suivantes seront consacrées au détail des principales étapes qui constituent la méthodologie (voir figure III.22). La première étape, l'urbanisme cadastral, est la constitution des bases nécessaires au fonctionnement de la méthodologie. Ensuite, nous détaillerons les deux niveaux de la méthode : l'urbanisme prospectif et l'urbanisme de projets.

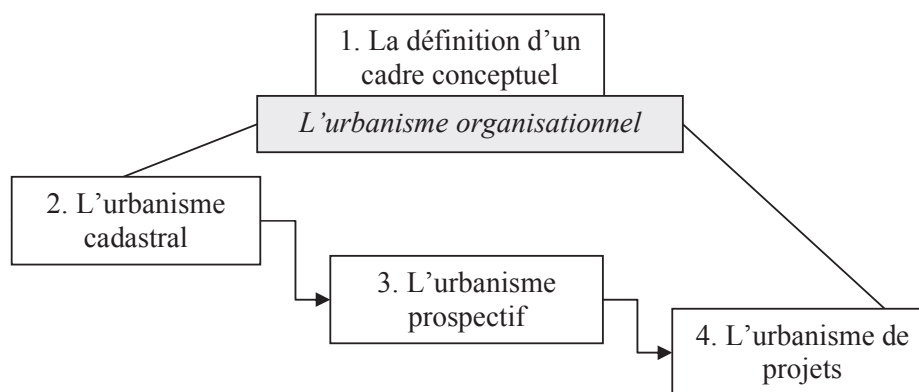


figure III.22 : Plan du chapitre III

II. La méthodologie de gestion de l'évolution – L'urbanisme organisationnel du système d'information

II.1 Les objectifs de la démarche

L'urbanisme organisationnel du système d'information a pour objectif d'offrir un cadre outillé pour les managers afin de mieux gérer l'évolution du système d'information. Pour cela, la démarche doit mettre en relation les orientations envisagées et choisies par l'entreprise avec les processus et leurs environnements afin d'offrir une visibilité et des outils d'aide à la

décision aux managers. La stratégie consiste à déterminer les objectifs et les buts fondamentaux des organisations. Ces orientations doivent pouvoir être mises en corrélation avec le système existant, que ce soit pour les choisir ou pour les mettre en application.

En s'appuyant sur la définition de l'urbanisme du système d'information (donnée dans le chapitre II Partie *Positionnement de notre démarche*, § II.1), l'urbanisme organisationnel sera défini par « l'organisation de la transformation progressive et continue du système d'information visant à le simplifier, à optimiser sa valeur ajoutée et à le rendre plus réactif et flexible vis à vis des évolutions stratégiques de l'entreprise tout en s'appuyant sur la structure existante de ses processus ».

Les managers cherchent une vision synthétique et globale de l'état du système d'information, de l'impact des évolutions potentielles sur les performances. La gestion de l'évolution au sein de l'entreprise doit prendre en compte bien sûr l'ensemble des entités qui la composent mais plus particulièrement les interactions qui s'effectuent entre toutes ces entités. A partir de ce constat, appréhender le système dans sa globalité devient le passage inévitable de toute gestion du changement. Pour ce faire, notre premier objectif est donc de :

- Fournir une représentation du système d'information

Avant toute gestion de l'évolution, la première étape, triviale en apparence, est de connaître l'existant de son système d'information. Il s'agit de connaître les composantes du système ainsi que leurs organisations en mettant en évidence l'ensemble des informations importantes pour la gestion de l'évolution. Cette modélisation peut aussi être utilisée lors de la définition des cibles envisagées pour le système d'information. Elle permet le recueil des informations nécessaires à une gestion de l'évolution en identifiant l'existant dans un premier temps, puis la capitalisation des évolutions dans un second temps.

La gestion de l'évolution s'appuie sur la connaissance du système d'information et elle nécessite la compréhension de toutes les interrelations entre les composantes de l'entreprise. La complexité de ce système ne peut être appréhendée par une simple représentation. Dans toutes les étapes du processus de changement, de son initiation à sa mise en place, les managers doivent percevoir précisément leurs objectifs et comment ils s'articulent dans l'évolution de l'entreprise. Le deuxième objectif est donc de :

- Structurer la gestion de l'évolution

Chacune des étapes nécessaires à l'aboutissement d'une gestion intégrée de l'évolution du système d'information doit être précisée. Cette démarche de gestion de l'évolution devra spécifier les objectifs, les responsabilités et les livrables nécessaires à la validation de ces étapes. Elle devra s'appuyer sur des indicateurs permettant à chaque étape d'évaluer l'adéquation des orientations choisies face aux besoins et à l'existant. En effet, la gestion de l'évolution comprend aussi de nombreuses étapes de choix afin de définir les orientations à suivre. Le troisième objectif est donc de :

- Fournir des instruments pour aider les managers à faire leur choix

Les outils de la méthodologie devront avoir pour objectif de mettre en évidence les informations clés pour les managers dans les phases de choix. Ces outils devront s'intégrer dans le cadre méthodologique global de l'urbanisme organisationnel du système d'information. L'un des enjeux est de posséder des outils permettant la compréhension des contraintes existantes dans le système et d'appréhender les impacts des évolutions dans le système d'information.

II.2 Les objectifs scientifiques

Les trois objectifs de la démarche conduisent à la formalisation de notre contribution scientifique en trois points :

A. Un méta-modèle ayant pour objectif la gestion de l'évolution

Pour appréhender tous les aspects du système complexe qu'est l'entreprise, il convient de se doter de techniques de modélisation. L'objectif de ces travaux est d'offrir un cadre homogène de représentation en se basant sur un méta-modèle. Il contribue à la formalisation des apports conceptuels nécessaires à la représentation du système d'information. Celui-ci permet aussi de formaliser des aspects méthodologiques nécessaires à la construction des modèles.

B. Développer une approche formelle de la gestion de l'évolution

L'utilisation d'une méthode formelle permet de construire une approche structurée et rigoureuse de la gestion de l'évolution. Des mécanismes d'urbanisme seront spécifiés et mis au point. Leur application permettra de favoriser la gestion par anticipation des évolutions du système d'information et donc des processus métiers.

Cette méthode sera basée à la fois sur notre expérience industrielle et les travaux scientifiques existants. Elle devra préciser l'ensemble des étapes nécessaires pour répondre aux besoins exprimés et préciser l'articulation avec les outils mis à la disposition des acteurs de la méthode.

C. Rendre les décisions concernant l'évolution du système d'information objectives en se basant sur des informations précises et pertinentes concernant les choix possibles.

Notre état de l'art a souligné le manque important d'outils pour aider les managers dans les étapes de décisions. Notre objectif est donc la construction de tels outils permettant de formaliser les informations nécessaires à chaque phase de décision, en s'appuyant sur des développements formels et mathématiques. Ces aides à la décision fourniront des informations objectives indispensables aux managers en charge de gérer le changement du système d'information.

II.3 Les orientations choisies

II.3.1 Une approche continue et cyclique de l'évolution

Le changement est permanent. La mentalité, les besoins et les exigences des clients évoluent. Les produits, les services, les technologies, le comportement des salariés, les compétences nécessaires, la stratégie, l'organisation se modifient. L'entreprise est donc en perpétuel mouvement, ce qui requiert une gestion continue du changement.

Cette gestion continue est basée sur l'anticipation, la décision, la communication, le suivi et la collaboration maîtrisée de tous, afin de faire évoluer l'entreprise en maîtrisant les perturbations provoquées.

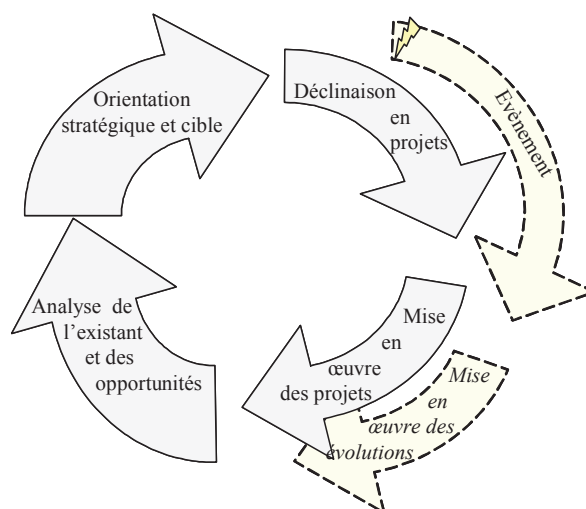


figure III.23 : Les grandes démarches de la gestion de l'évolution

L'urbanisme organisationnel du système d'information adresse principalement des changements organisationnels « majeurs » pour l'entreprise, c'est-à-dire, selon [Mohrman 89] « un changement imposé par le sommet, ayant cours au sein d'une grande organisation, qui affecte celle-ci en profondeur et implique plusieurs unités organisationnelles ».

Les projets d'envergure sont par exemple l'automatisation ou l'introduction de systèmes experts (CAO....) qui modifient les savoirs requis pour les emplois, la modification des relations au travail (introduction d'un système qualité, mise en place de l'analyse de la valeur...) [Lefebvre 93]. De même, le déploiement de nouvelles technologies dans le système informatique, tel que l'introduction d'un ERP, des technologies web, de workflows ou encore d'EAI engendrent eux aussi des changements majeurs.

Pour faire face ces évolutions, la démarche se décompose donc en plusieurs grandes étapes qui sont répétées de façon cyclique tout au long de la vie de l'entreprise (figure III.23). La plupart des étapes qui constituent cette méthodologie sont soit à caractère cyclique, soit s'exercent de façon continue. Les étapes à caractère cyclique sont des activités qui reviennent de façon ponctuelle chaque fois que la démarche stratégique est relancée (définition de la cible, déclinaison en projet et mise en œuvre, analyse de l'existant).

Pour les autres, elles correspondent soit à de l'amélioration continue et doivent se poursuivre tout au long de la vie de l'entreprise, soit au maintien à jour des outils nécessaires à la méthode. Dans ce dernier cas, ces outils ne sont pas mis à jour uniquement au départ d'un cycle. Ils doivent être intégrés dans une gestion quotidienne car ils interviennent dans de nombreuses utilisations (à la fois ponctuelles et quotidiennes). Leur raison d'être est leur représentation du système d'information dont l'obsolescence est le premier facteur de leur désuétude.

Dans le cycle de la démarche, les évolutions choisies sont mises en place et la nouvelle version du système d'information, dans laquelle ont aussi été introduites les changements, alimente de nouveau la définition de la stratégie...

II.3.2 Le périmètre d'action

Le périmètre d'action que nous souhaitons adresser par cette méthodologie est repris dans la figure III.24.

La problématique que nous voulons adresser est celle de la gestion de l'évolution dans l'entreprise. Pourtant, il est difficile d'adresser l'ensemble des composantes de l'entreprise d'un seul tenant. Cette étude limitera donc son champ d'action au système d'information tel que nous l'avons défini au chapitre précédent. Elle inclut donc le système informatique.

Concernant les objectifs de l'analyse, nous avons précisé que notre apport se situe dans le développement d'une méthodologie et d'outils. Ceux-ci permettent de fournir aux managers une aide pour répondre aux choix envisageables pour le système d'information, issus des opportunités et de l'analyse de l'existant. En revanche, la définition même de ces cibles reste dans le domaine des décideurs de l'entreprise et de la définition de la stratégie de l'entreprise et ne sera pas abordée dans ces travaux.

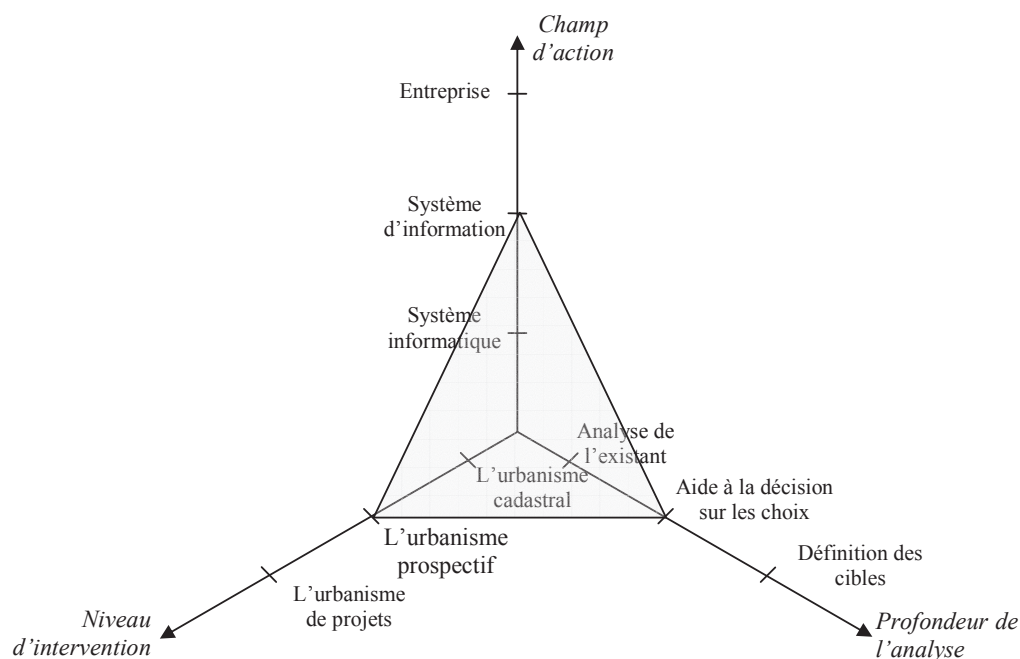


figure III.24 : Périmètre d'action de la méthodologie d'urbanisme organisationnel du système d'information

Les travaux d'urbanisme se regroupent suivant ainsi trois approches : l'urbanisme prospectif, l'urbanisme de projets et l'urbanisme cadastral [Club 03]. Les besoins d'aide à la décision concernent ainsi plusieurs niveaux décisionnels distincts.

- *L'urbanisme cadastral – La connaissance du système*

L'urbanisme cadastral a pour mission de gérer la connaissance du système d'information. Pour cela, il construit la représentation du système en se basant sur les modèles d'entreprises. Ceux-ci serviront de base à la construction des outils d'aide à la décision qui seront utilisés au cours de la démarche.

L'urbanisme cadastral est le garant de la représentation du système d'information. Ses objectifs sont la définition et la construction d'un référentiel d'entreprise comprenant la modélisation des processus métiers et de leur environnement. Cette étape est le socle sur lequel toute la démarche de l'urbanisme organisationnel s'appuie. Elle correspond à la cartographie des systèmes de l'entreprise.

- *L'urbanisme prospectif*

L'urbanisme prospectif s'appuie sur les orientations choisies pour le système d'information à long terme basées sur la stratégie de l'entreprise. Il a pour objectif de choisir la cible du système d'information en cohérence avec celle-ci.

Ce niveau de pilotage stratégique correspond à la représentation et la quantification des objectifs stratégiques et leurs interconnexions avec les processus métiers. Il s'agit essentiellement de la définition des objectifs, du choix et de la mise en place de politiques concernant les ressources, l'organisation, les procédés, les produits et les projets.

Dans un second temps, il convient de choisir la trajectoire qui permettra d'atteindre cette cible. Cette trajectoire correspond notamment au choix des projets à mettre en œuvre, à leur arbitrage et à leur coordination. Les missions de l'urbanisme prospectif sont donc la définition de la cible du système d'information et de la trajectoire pour l'atteindre.

- *L'urbanisme de projets*

L'urbanisme prospectif fixe le cadre des projets en amont afin de définir le périmètre de chacun d'entre eux. L'urbanisme de projets, lui, a pour mission de faire prendre en compte dans les projets la cible définie, et le respect de la trajectoire qui lui est associée.

L'urbanisme de projets s'intègre dans le management de projets. Le management de projet correspond à l'orchestration du projet, c'est-à-dire la coordination des actions des différents acteurs, la définition des rôles [Joly 94]. Il est responsable de la bonne exécution du projet vis-à-vis des clients et de l'entreprise en ce qui concerne le triplet d'indicateurs : coût, qualité, délais.

Dans ce cadre, l'urbanisme des projets intervient comme le garant des décisions prises dans l'urbanisme prospectif. Il assure la visibilité et le contrôle des processus opérationnels impliqués dans les évolutions envisagées.

L'urbanisme des projets intègre aussi les évolutions non prévues dans la cible afin d'assurer leur intégration dans le système en adéquation avec la cible choisie.

L'urbanisme de projets n'entre pas dans le cadre des développements de la thèse. Le détail de ses missions et des étapes qui la compose sera présenté à la fin de ce chapitre mais aucune contribution ne sera développée concernant les outils et les aides à la décision de ce niveau.

Dans les paragraphes précédents, nous avons souligné qu'il existe trois niveaux d'urbanisme. La démarche scientifique proposée regroupe ces trois phases majeures qui seront détaillées dans la suite de ce chapitre et que l'on peut retrouver dans la figure III.25 :

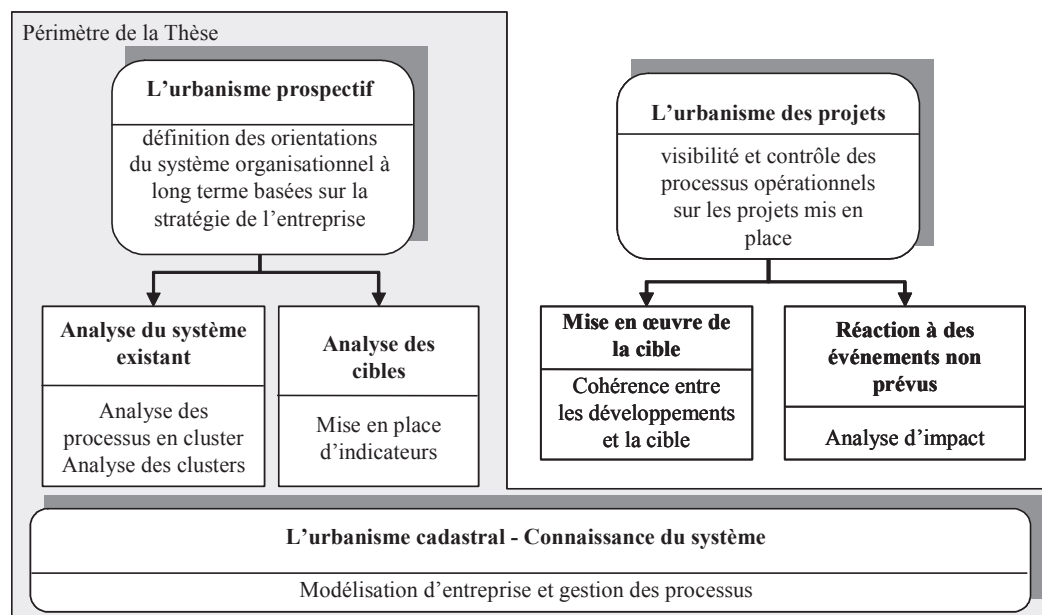


figure III.25 : L'urbanisme organisationnel du système d'information

III. L'urbanisme cadastral

La gestion de l'évolution passe d'abord par une connaissance de son système d'information et notamment des processus qui le constituent. Dans ce cadre, la modélisation d'entreprise apporte la vision globale du système et fournit une base pour développer un outil spécifique en support à notre méthodologie.

La figure III.26 reprend les étapes nécessaires à la mise en place de la démarche d'urbanisme organisationnel du système d'information concernant l'urbanisme cadastral. La figure renvoie aussi pour chacune de ces étapes aux chapitres qui détaillent les méthodologies et les outils correspondants.

Cette démarche peut se découper en trois grandes parties : les pré-requis (étapes *a* et *b*), la construction d'un référentiel d'entreprise (étape *c*) et le développement des outils mettant en évidence la structure des processus dans le système d'information (étape *d*).

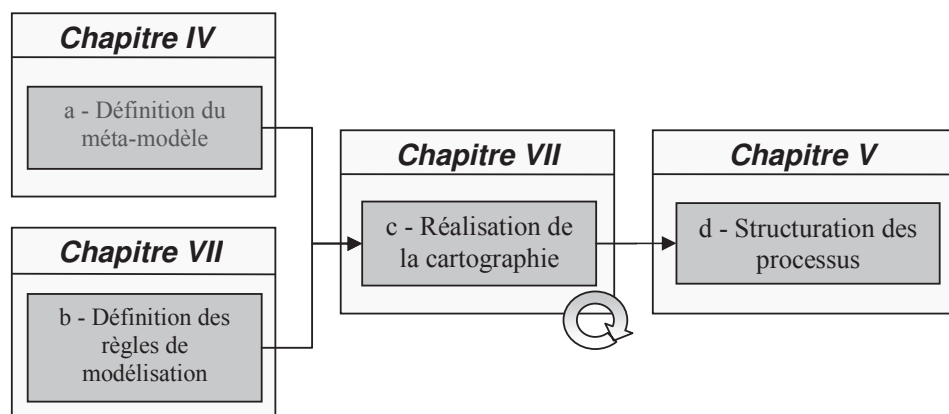


figure III.26 : L'urbanisme cadastral

III.1 Les pré-requis

Dans le chapitre II, nous avons fait la revue des méthodologies de modélisation d'entreprise existantes. Nous avons mis en évidence que ces méthodologies fournissent de nombreuses bases pour construire l'ensemble des modèles qui constitueront le référentiel d'entreprise. Pourtant, chacune de ces méthodes définit un ensemble de vues particulières suivant l'objectif auquel elle répond. Cette constatation montre la nécessité, pour répondre à notre problématique, d'apporter des éclairages spécifiques à la problématique de gestion des évolutions.

Pour cela, une phase en amont de la construction du référentiel est la constitution d'un méta-modèle (dont les développements sont détaillés dans le *chapitre IV*). Le méta-modèle permet de structurer les informations qui seront recueillies dans le référentiel. Ce méta-modèle a été développé de manière itérative afin de coller au plus près aux besoins de la méthodologie.

De même, en amont de la réalisation de la cartographie, il est nécessaire de définir les règles de modélisation qui régiront la constitution des modèles. Ces règles sont des règles opérationnelles qui seront utilisées par les acteurs réalisant les diagrammes (charte graphique, mise en page, définition des vues...). Des exemples de ces règles sont repris dans l'étude de cas, *chapitre VII*.

Ces règles et le méta-modèle sont des pré-requis indispensables à la mise en place d'une cartographie des processus. Ils peuvent ensuite subir des modifications tout au long du projet afin d'affiner leur définition ou afin de répondre à de nouveaux besoins.

III.2 La réalisation de la cartographie

La réalisation de la cartographie du système d'information fournit l'outil qui est au cœur de la connaissance globale du système d'information. Elle s'appuie sur les interviews des acteurs de l'entreprise et les documentations existantes. Des exemples des modèles réalisés sont repris dans le *chapitre VII* qui illustrent la mise en œuvre de ces approches dans l'entreprise STMicroelectronics.

Le maintien à jour du référentiel est une difficulté qu'il est nécessaire de prendre en compte. L'image de l'entreprise et donc son modèle ne peuvent rester statiques étant donné l'aspect dynamique d'une entreprise. L'obsolescence du référentiel entraîne l'impossibilité de son exploitation, qui conduit irrémédiablement à sa disparition.

La réalisation de la cartographie est donc un travail continu dans l'entreprise, qui nécessite la mise en place d'une organisation spécifique pour assurer son déploiement et son maintien. Des cellules d'urbanisme du système informatique sont en charge de la modélisation de l'architecture et de l'infrastructure informatique. Dans une optique d'élargissement, cette nouvelle organisation aurait en charge le référentiel et les modélisations de processus. En effet, seule une organisation centrale peut garantir la mise en cohérence de l'ensemble des modélisations. De même, cette organisation serait en charge de la mise en place et de la réévaluation des pré-requis de la modélisation.

De plus, elle doit être relayée dans les organisations par des acteurs dédiés. Des responsables d'application sont désignés pour gérer le système informatique. De même, au sein du système d'information, le rôle de responsable de processus apparaît comme nécessaire afin de garantir une gestion par les processus. Ces responsables d'application et de processus sont les garants des informations contenues dans les modélisations ainsi que de leur mise à jour.

Cette nouvelle organisation doit posséder une reconnaissance hiérarchique qui lui permettra à la fois de légitimer ses actions de recueil d'informations auprès des acteurs de l'entreprise mais pour aller plus loin, apporter une réelle vision globale du système d'information capable d'influer sur les projets d'évolution.

III.3 La structuration des processus

L'urbanisme organisationnel a pour objectif de s'appuyer sur une structuration des processus pour faciliter la gestion de l'évolution dans l'entreprise et offrir une nouvelle représentation du système d'information, permettant de le rendre plus réactif et plus flexible. Le but de cette nouvelle représentation est d'identifier des regroupements découplés sur le principe d'un couplage externe faible et d'un couplage interne fort. Le couplage faible entre les regroupements de processus permet d'assurer un minimum d'impact entre les regroupements. Le couplage fort entre les processus d'un même groupe permet de rassembler des ressources ou des concepts communs à faire évoluer de façon cohérente.

A partir des informations recueillies dans la cartographie, cette étape permet de constituer des ensembles de processus isolés les uns des autres afin de les faire évoluer plus facilement. L'objectif est donc de définir des regroupements de processus, dont les caractéristiques communes engendrent une gestion de l'évolution commune.

Le détail de cette approche sera développé dans le *chapitre V*, sous le nom de clusterisation des processus et constitue un des points clés de notre approche.

IV. L'urbanisme prospectif

La stratégie consiste à déterminer les objectifs et les buts fondamentaux d'une organisation à long terme puis à choisir les modes d'actions et d'allocations des ressources qui permettront de les atteindre.

L'urbanisme prospectif est centré sur une vision globale de l'entreprise et donc du système d'information. En se basant sur une connaissance du système, il doit définir les orientations globales futures du système d'information. Ces orientations correspondent à l'arbitrage des différents projets envisagés pour l'évolution du système d'information. Les outils d'aide à la décision devront apporter des éclairages pour réaliser cet arbitrage.

Les étapes de l'urbanisme prospectif sont représentées dans la figure III.27 et sont détaillées dans les paragraphes qui suivent.

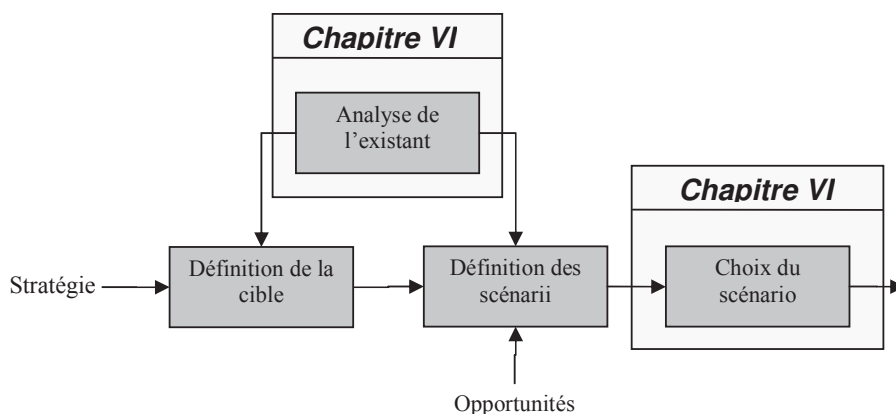


figure III.27 : L'urbanisme prospectif

IV.1 L'analyse de l'existant

L'analyse de l'existant se base sur la connaissance globale actuelle du système d'information. Le premier niveau d'analyse apparaît lors de la réalisation ou de la mise à jour de la cartographie. Au travers des interviews des acteurs métiers et de la modélisation, les premiers dysfonctionnements (redondance des flux, des applications, doubles saisies, incohérence fonctionnelle...) du système sont mis en évidence. La capitalisation de ces informations permet d'initier l'analyse de l'existant et de faire remonter des informations aux managers de l'entreprise.

De plus, l'existence d'indicateurs sur la performance des processus de l'entreprise permet d'identifier des axes d'amélioration. Ces indicateurs devront être décrits dans la modélisation des processus car ils représentent l'une des bases de leur gestion.

Dans un second temps, le regroupement des processus (§. III.3) permettra l'analyse structurelle du système d'information afin de détecter les incohérences existantes et nécessitant une amélioration. De même, ces regroupements seront utilisés pour mettre en exergue des indicateurs importants pour la gestion de l'évolution. Les développements correspondant à cette étape sont décrits dans le *chapitre VI* concernant le diagnostic du système d'information.

IV.2 Définition de la cible et des scénarii possibles

La cible correspond à l'expression de la stratégie d'entreprise en des objectifs précis à atteindre pour le système d'information. La cible correspond à l'état idéal vers lequel l'entreprise veut tendre à un instant donné :

- La cible est une représentation du système introduite pour guider le processus d'évolution du système d'information. Cette gestion se fait au niveau de la direction qui traduit la stratégie de l'entreprise en des objectifs opérationnels décrivant des résultats attendus clairement identifiables.
- Atteindre une cible peut se réaliser en suivant plusieurs trajectoires. Ces trajectoires répondent à un ou plusieurs objectifs de la cible et non pas toute la cible en même temps. Elles constituent les différentes solutions envisagées pour répondre à une problématique donnée. A chacune des trajectoires, il est possible d'associer une cartographie cible de la partie du système d'information concerné.

La définition de la cible et des différentes trajectoires ne rentre pas dans le périmètre de la thèse même si l'analyse de l'existant peut fournir des pistes d'amélioration.

IV.3 Le choix de la trajectoire

Pour soutenir le choix des trajectoires, il est nécessaire de s'efforcer de dégager l'ensemble des éléments qui sont utilisés pour la prise de décision.

Pour que cette décision puisse se prendre, les décideurs doivent avoir à leur disposition des informations pertinentes. Ces informations pourront être obtenues à partir :

- d'une veille sur les nouvelles approches disponibles
- d'une analyse des besoins
- d'une analyse structurelle du système d'information qui souligne les points critiques
- de la simulation et de la quantification afin d'évaluer les différents scénarii envisagés

Tous ces facteurs sont des indicateurs que les décideurs doivent prendre en compte pour sélectionner le scénario final qui sera mis en œuvre.

Dans le cadre de l'urbanisme organisationnel du système d'information, nous avons choisi de nous baser sur le découpage des processus en regroupement fortement couplés pour apporter une nouvelle vision du système d'information. Le *chapitre VI* détaille les outils que nous apporterons dans ce contexte. Les informations recueillies par ce biais s'associeront aux autres pour fournir aux managers les renseignements nécessaires à la prise de décision.

V. L'urbanisme de projets

L'urbanisme de projets correspond à la mise en œuvre des orientations choisies dans l'urbanisme prospectif dans les projets de l'entreprise.

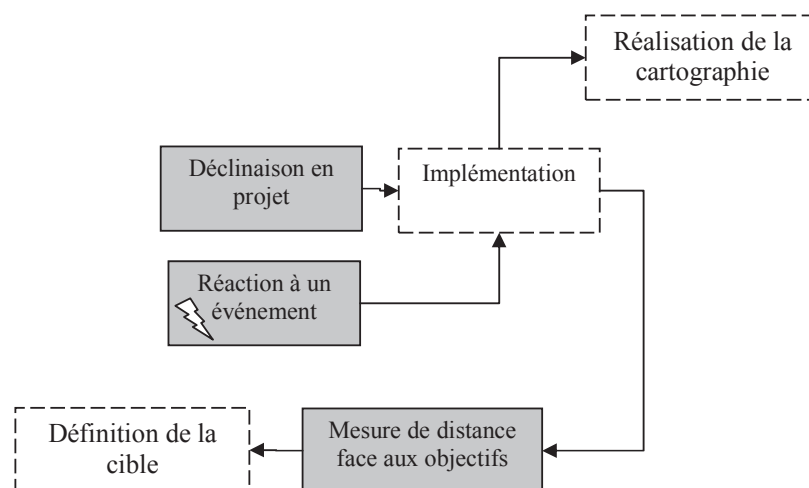


figure III.28 : L'urbanisme de projets

Les deux approches d'urbanisme cadastral et prospectif requièrent une approche scientifique et formelle permettant de structurer un cadre de prise de décision. Mais ici, l'urbanisme de projets concerne plutôt l'application opérationnelle des cadres définis auparavant et sort donc du cadre des contributions du travail scientifique de la thèse.

V.1 La mise en œuvre dans les projets

Au sein de l'urbanisme prospectif, la trajectoire définit l'évolution du système vers la cible. Elle identifie des cibles intermédiaires qui font en particulier apparaître les ruptures en matière de conception et de réalisation. La trajectoire précise les instants et les endroits où elles auront lieu.

L'urbanisme des projets se positionne en accompagnement du management de projet. Il intervient à plusieurs niveaux :

- Il doit s'assurer de la cohérence des réalisations avec la cible. Dans les phases de choix du projet, il doit vérifier les liens avec le reste du système d'information par des analyses d'impact.
- Il incite les acteurs du projet à s'appuyer sur la cartographie. La réalisation de la cartographie permet, au travers d'une modélisation et d'un référentiel commun, d'être un support partagé par tous et permettant la communication entre les différents interlocuteurs des projets notamment. En particulier, le lien entre la cartographie des processus et celle du système informatique (architecture et infrastructure) sont des informations importantes pour aider la communication entre les intervenants métiers et les informaticiens. La cartographie est dans ce cas un outil facilitant la communication entre les maîtres d'œuvre et les maîtres d'ouvrage.

Durant les phases de réalisation du projet, les décisions prises par le chef de projet doivent être en ligne avec les cibles fournies par l'urbanisme prospectif. Une fois ce cadre pris en compte, l'arbitrage se fait dans la gestion interne du projet en fonction des contraintes et ne sera pas traité dans notre approche. De plus, toutes les évolutions de l'entreprise ne sont pas gérées sous forme de projet, comme dans le cas d'événements perturbateurs pour lesquels il est nécessaire de prendre des décisions rapidement. De même, les mesures d'améliorations ponctuelles qui ont pour vocation le contrôle et l'optimisation des produits et des procédés de l'entreprise ne rentrent pas dans notre domaine d'étude.

V.2 La réaction à des événements

Une entreprise proactive est capable d'anticiper l'apparition des perturbations et de mettre en place une réponse en lien avec la stratégie. Pourtant, il serait illusoire de penser que toutes les évolutions peuvent être anticipées, d'autant plus sur le long terme.

Pour pouvoir réagir à des événements non prévus, le système doit être sous contrôle afin de piloter les processus critiques de l'entreprise et de détecter des événements initiateurs de changement important. Les sources d'évolution du système d'information sont multiples et très variées tant par leurs natures et leurs origines que par leurs impacts.

Dans un premier lieu, il est nécessaire de connaître l'impact d'un événement donné sur le système d'information. Pour cela, la cartographie du système d'information doit servir de support. A partir des liens qui ont été modélisés dans la cartographie, il doit être possible de visualiser l'ensemble des impacts reliés à l'événement.

Comme pour les changements initiés par la définition de la cible, l'utilisation des regroupements de processus et des indicateurs associés permettra de montrer l'impact de l'introduction de cette évolution, puis de comparer les différentes solutions envisagées pour mettre en œuvre ce changement.

V.3 La mesure de distance face aux objectifs

Une fois les modifications envisagées réalisées, il est nécessaire de remettre à jour le modèle et de reboucler avec les objectifs définis. Cette boucle de réaction est nécessaire pour connaître la distance introduite avec la cible et l'incorporer dans les futures orientations.

La mise à jour de la cartographie est de la responsabilité des projets, même si elle s'effectue en collaboration avec l'organisation centrale qui est responsable de la cohérence et de l'intégrité du référentiel. En effet, c'est l'équipe projet, qui connaît les réalisations effectuées, qui est la plus à même de réaliser la mise à jour des modélisations relatives à son projet, et de l'ensemble des liens avec les autres composantes du système.

De plus, une fois que les projets sont mis en œuvre, il est important d'analyser l'écart entre les réalisations et la cible initiale afin d'analyser la raison de ceux-ci et d'ajuster la trajectoire pour atteindre la cible, voire de revoir le positionnement d'une partie de la cible.

VI. Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons d'abord détaillé les grandes orientations qui définissent notre méthodologie d'urbanisme organisationnel du système d'information. Son objectif est de fournir aux managers de l'entreprise les étapes de la démarche ainsi que des outils pour les aider à gérer l'évolution du système d'information.

Nous avons présenté le découpage de notre méthodologie en trois grandes approches : l'urbanisme cadastral, l'urbanisme prospectif et l'urbanisme des projets.

La première approche est l'urbanisme cadastral, dont l'objectif est d'obtenir les modèles d'entreprise qui serviront de support aux deux autres approches. L'urbanisme prospectif, lui, a pour objectif final de définir la cible du système d'information et la trajectoire pour l'atteindre en fonction de la stratégie de l'entreprise. La dernière approche est l'urbanisme des projets qui correspond à la déclinaison de cette trajectoire par la mise en œuvre de projets.

Pour chacune de ces approches, nous avons présenté leurs objectifs, les principales étapes à réaliser et les liens vers les développements des outils présentés dans les prochains chapitres.

Chapitre IV

La méta-modélisation

I. Introduction

La gestion de l'évolution de l'entreprise passe d'abord par une connaissance de son système d'information et des processus qui le constituent. Dans ce cadre, la modélisation d'entreprise, détaillée dans l'état de l'art, apporte une vision globale du système et fournit une base pour développer des outils spécifiques en support à une méthodologie dédiée à notre problématique. Ce chapitre présente le méta-modèle que nous avons développé [Chapron 04a], [Chapron 04b]. Il spécifie l'ensemble des concepts utilisés pour recueillir les informations nécessaires à une modélisation d'entreprise orientée vers la gestion de l'évolution.

L'objectif d'un méta-modèle dédié à la modélisation d'entreprise est la réalisation structurée d'une cartographie de l'entreprise. Une cartographie est un ensemble de modèles qui représentent les objets, définis dans le méta-modèle, et leurs interactions. La cartographie du système d'information correspond, dans ce cadre, à la représentation structurée de l'ensemble des ressources matérielles, logicielles, humaines, des données et des processus permettant d'acquérir, traiter, stocker des informations dans l'entreprise. Le lien entre les différentes ressources est un objectif fort de la cartographie.

L'intérêt d'une cartographie est de comprendre l'existant et d'apporter une vision globale des processus et des contraintes qui les régissent. La cartographie constitue un outil d'aide à la décision pour tout gestionnaire du système d'information. C'est un outil puissant au service de l'analyse et de l'expérimentation stratégique. Son résultat – un ensemble de modèles – autant que leur élaboration apportent aux décideurs une visibilité des phénomènes dans lesquels le système d'information est impliqué.

Une cartographie se place dans le cadre global de la gestion du système d'information mais nécessite une réflexion en amont de sa réalisation identifiant les besoins auxquels elle répond et le méta-modèle sur lequel elle s'appuiera. Le méta-modèle fournira un support pour la cohérence des informations contenues dans les modèles de cette cartographie.

Dans une première partie, nous reviendrons sur la notion de modèle et son positionnement par rapport au système réel représenté. Ensuite, nous détaillerons la notion de méta-modèle et les objectifs qu'il doit remplir dans le cadre de notre problématique. La troisième partie présente les orientations choisies pour la structuration du méta-modèle, basée sur le principe de découplage des différentes vues du système d'information. La dernière partie détaille les modèles et les objets choisis pour répondre à la problématique.

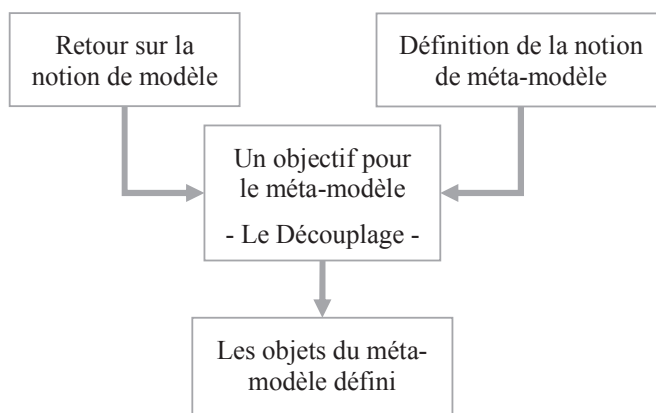


figure IV.29 : Plan du chapitre

II. Le modèle

F. Vernadat [Vernadat 99] définit le modèle comme une représentation d'une abstraction d'une partie du monde réel, exprimé dans un langage de représentation. Ce langage peut être formel (c'est-à-dire ayant une syntaxe bien définie comme la logique de premier ordre ou un langage informatique) ou informel (description en langage naturel).

[Stachowiak 73] souligne trois caractéristiques d'un modèle : la fonction de représentation (un modèle est associé à un objet d'étude), la fonction de réduction (le modèle ne représente pas toutes les propriétés de l'original) et la fonction subjectivante (le modèle est conçu dans un but et un usage précis qui conditionne son interprétation). Dans ces cas, le modèle est utilisé pour réduire, décrire, étudier un objet. Un même système pourra ainsi être représenté par plusieurs modèles suivant qu'il soit considéré par exemple sous l'angle de la structure ou sous l'angle de la fonction. Mais le modèle ne traduit pas toutes les possibilités de l'objet : il ne répond donc qu'à un nombre limité de critères, sinon il serait identique à l'objet. Cette limitation lui confère son caractère de schéma simplificateur qui implique l'interprétation du modèle en fonction de son positionnement dans l'approche l'utilisant.

[Le Moigne 84] dit « Modéliser, c'est instrumenter ». Dans une entreprise, la complexité de fonctionnement est telle qu'il est impossible d'en saisir tous les aspects, quelle que soit la problématique abordée. Pour répondre aux questions concernant le fonctionnement de l'entreprise, il devient donc indispensable de se doter d'outils qui permettent de réduire la complexité et ainsi de mettre en évidence les points forts et les points faibles de son fonctionnement au regard de la problématique abordée. Dans le cadre de la gestion de l'évolution, il s'avère essentiel de prendre en compte l'organisation de l'entreprise dans sa globalité pour en comprendre les mécanismes de coordination et de contraintes. Une vision synthétique et orientée de l'organisation pour la gestion de l'évolution ne peut donc être fournie que par des modèles développés pour répondre à ces besoins.

II.1 Le rapport entre le modèle et son "original"

[Schneider 94] retient deux dimensions de comparaison entre le modèle et son original : une dimension de comportement (le modèle se comporte-t-il comme l'original ?) ou structurelle-fonctionnelle (dans quelle mesure sont-ils construits de façon similaire). Dans le cadre de la modélisation d'entreprise, l'aspect structurel est mis en avant afin d'explicitier le fonctionnement de l'entreprise. D'autres approches telles que la simulation s'intéressent quant à elles aux comportements des entités de l'entreprise.

L'entreprise est un environnement où les interactions s'enchevêtrent et dont la compréhension de son fonctionnement nécessite un niveau d'abstraction élevé. L'utilisation d'un modèle structurel-fonctionnel permet dès lors de simplifier la représentation de l'entreprise dans des vues dont la complexité est accessible.

La notion de modèle soulève pourtant la question de l'objectivité d'une approche, soucieuse d'atteindre une représentation la plus fidèle possible. La charge qu'il est nécessaire de fournir pour la construction d'un référentiel d'entreprise peut s'étendre sur plusieurs années dans le cas de projets de cartographie de pans entiers d'une entreprise. La question de son positionnement (objectivité) et de son maintien (fidélité) prend alors toute sa dimension. Ces questions doivent être abordées dans la méthode qui est utilisée pour la construction de ce référentiel. La cartographie n'est qu'un modèle de l'entreprise et il faut assurer sa cohérence avec le monde réel.

D'autre part, la méthodologie ne doit pas oublier que la cartographie est une représentation orientée qui exclut certaines facettes de l'entreprise. Dès lors, il devient important que la cartographie fournisse une aide à la décision mais que la méthodologie intègre ses limitations. De même l'interprétation des modèles se fait en fonction de leurs objectifs et doit prendre en compte dans son périmètre d'analyse les contraintes initiales introduites dans le modèle.

III. Le méta-modèle

III.1 La méta-modélisation

Le méta-modèle a pour but de permettre à l'ensemble des utilisateurs d'un modèle, en l'occurrence ici de la cartographie, de se mettre d'accord sur la compréhension et l'utilisation des mêmes termes. L'utilisation de ce méta-modèle permet de structurer et de fédérer l'utilisation d'un langage qui est, dans notre cas, un langage de modélisation. Le langage est un ensemble de termes qu'une communauté d'utilisateurs prend comme référence dans l'utilisation de concepts et de leurs relations. De plus, le méta-modèle est un langage générique qui sera employé pour les différentes instances de modèles développés pour les travaux de modélisation.

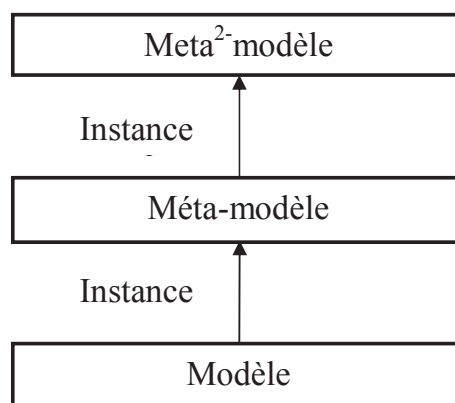


figure IV.30 : Modèle et méta-modèle

Il est lui-même décrit par un méta-méta-modèle (ou méta²-modèle). La couche méta-méta-modèle décrit la sémantique du monde réel (c'est-à-dire comment le monde réel est perçu) en définissant la logique et la structure sous-jacente qui seront utilisées dans les modèles [Terrasse 02].

Un méta-modèle est une description très formelle de tous les concepts d'un langage. Il limite les ambiguïtés et facilite la construction d'outils. La méta-modélisation permet de définir directement la syntaxe et la sémantique du langage utilisé ainsi que les liens possibles entre les concepts. Le résultat de la méta-modélisation est généralement appelé méta-modèle. Le méta-modèle définit les concepts qui sont nécessaires à l'élaboration des modèles.

Un méta-modèle définit :

- les éléments de modélisation (les concepts manipulés par le langage),
- la sémantique de ces éléments (leur définition et le sens de leur utilisation),
- Les dépendances et les relations entre ces éléments.

Un méta-modèle définit de façon précise la structuration d'un modèle. De plus, il permet de décrire des procédures qui gèrent la construction des modèles. La démarche de construction du méta-modèle est une étape cruciale, à la fois pour l'expression des besoins, la définition des concepts, et la négociation entre les acteurs sur l'émergence du langage commun et d'objectifs partagés.

Un méta-modèle est toujours conçu pour un objectif particulier et son utilisation doit se faire en ayant en tête la compréhension de l'objectif de ce méta-modèle.

III.2 Le positionnement vis-à-vis des modèles d'entreprise existants

[Barrios 02] souligne l'absence de modèles formels permettant de représenter puis de conduire les processus de changement dans le domaine du système d'information. Afin d'apporter une contribution en ce sens, nous préconisons une approche orientée métier caractérisée par la formalisation des processus métiers et de leur contexte organisationnel.

Dans cette optique, notre approche repose sur une structuration du méta-modèle qui met en évidence les interfaces entre les processus et leur environnement afin de structurer les informations et d'assurer une meilleure gestion du changement. Cette structuration est détaillée dans le paragraphe IV.

III.3 Objectif de modélisation – notion de découplage

Les besoins identifiés pour faciliter la gestion de l'évolution des processus informationnels sont notamment la flexibilité et la souplesse des organisations. La flexibilité d'un système est la capacité d'un système à intégrer des modifications, à évoluer rapidement et à s'adapter aisément à l'environnement. Dans le contexte de l'entreprise, c'est aussi la capacité à s'adapter plus ou moins rapidement aux fluctuations de la demande. [Tarondeau 99] donne la définition suivante « *L'organisation flexible est celle qui modifie rapidement et à faibles coûts les relations qui lient ses différents éléments (...). L'organisation flexible facilite le changement d'organisation en faisant partager une vision commune des finalités de l'entreprise. Elle permet à chacun de percevoir sa contribution au fonctionnement de l'ensemble et à la réalisation des objectifs communs* ».

Cette flexibilité s'appuie sur les degrés de liberté disponibles dans l'organisation. Ces degrés de liberté de l'entreprise sont pour nous des leviers de flexibilité s'ils permettent d'influencer ou de réaliser un changement dans une des dimensions présentes dans le système. La flexibilité apparaît comme une réponse interne à la rapidité des changements externes.

La notion de découplage provient alors de la décomposition du concept de flexibilité en sous éléments. Le découplage met en avant les contraintes structurelles inhérentes de l'entreprise et les présente comme un des éléments clés de l'organisation. Dès lors, améliorer la flexibilité, c'est chercher à mettre en évidence et à réduire le couplage entre certaines entités du système. Ces couplages et degrés de liberté sont présents dans les interfaces des différents éléments de l'entreprise.

Face à cette recherche de flexibilité et donc de découplage des entités de l'entreprise, l'objectif est d'être capable d'identifier les leviers d'action au sein de l'organisation. Pour cela, il est nécessaire de mettre en évidence, dans les modélisations, les découplages potentiels que l'entreprise peut mettre en oeuvre entre les différents composants. Ce travail permettra dans un deuxième temps à l'entreprise de les traduire, de les déployer et de les gérer dans l'organisation.

IV. Gérer la complexité : le découplage des vues des modèles

Dans notre cadre, l'objectif de la modélisation d'entreprise est de recueillir les informations sur le fonctionnement de l'entreprise avec la perspective de la gestion de l'évolution. Pour cela, nous avons introduit deux découplages conceptuels du méta-modèle qui seront présentés dans cette partie : (i) un découplage entre les processus et l'environnement organisationnel basé sur l'introduction d'une vue générique réalisant l'interface entre les deux, ainsi qu'un (ii) découplage entre la modélisation orientée métier et la modélisation orientée informatique (voir figure IV.31).

IV.1 Découplage entre Processus et Environnement Organisationnel

En référence aux méthodes CIMOSA [CIMOSA 89] ou plus récemment GERAM [GERAM 97], nous préconisons la séparation entre les modèles fonctionnels de processus, et les modèles organisationnels et de ressources.

En effet pour la gestion du changement, les évolutions des processus et les évolutions de leur contexte organisationnel sont potentiellement découplées. Par exemple, un changement dans le personnel de l'entreprise, dans la structuration des bases de données ou même dans les solutions applicatives en place peut être introduit sans que le processus concerné ne soit lui même remis en cause. En terme de rationalisation des processus à l'échelle de l'entreprise et de pilotage des performances, il est crucial de distinguer les performances dépendantes de la structuration internes des processus, des performances dépendantes de leur environnement organisationnel. Dans une optique d'aide à la décision, un même processus doit pouvoir être simulé dans plusieurs environnements alternatifs. Par exemple dans le cas de la société STMicroelectronics, le même processus peut être mis en œuvre dans plusieurs sites de production. Sa simulation au sein de ces différents sites permettra d'évaluer sa performance en fonction de l'environnement ou de faciliter son transfert entre deux sites.

	Vue des processus métiers	Vue de l'interface générique	Vue de l'Environnement Organisationnel
Modélisation Orientée Informatique	Processus informatique	Interface informatique	Environnement informatique
Modélisation Orientée Métier	Processus métier	Interface métier	Environnement métier

figure IV.31 : Les découplages proposés pour le méta-modèle

Par ailleurs, ce découplage peut permettre une meilleure analyse d'impact des évolutions : la criticité d'une évolution à réaliser dépendra par exemple du fait que ses impacts restent dans l'environnement organisationnel ou bien qu'ils remettent en cause la structuration des processus.

Le découplage conceptuel du méta-modèle est retranscrit dans la figure IV.31, où l'on distingue une vue de modélisation « processus métiers » et une vue de modélisation « environnement organisationnel ». Chaque vue regroupe un ensemble de concepts, traduits en objets dans les modélisations. Le méta-modèle est constitué de trois vues ; les objets qui leur sont rattachés seront détaillés plus loin dans ce chapitre.

La vue « processus métiers » décrit l'ensemble des processus de l'entreprise sur différents niveaux de granularité. Cette vue se compose de différents types de processus : informationnel, physique ou informatique. Nous précisons dans le paragraphe V.2.2 l'intérêt de découpler les processus informationnels des processus informatiques.

La vue « environnement organisationnel » regroupe les objets qui composent l'environnement des processus et qui peuvent l'impacter ou être impactés par son comportement. Cette vue comprend les ressources physiques (machines de fabrication...), les acteurs (personnels de l'entreprise ou extérieur ...), le système informatique (logiciels, hardware, documents ...).

IV.2 Concepts génériques d'interface

Nous avons précisé ci-dessus que chacune des vues « processus métiers » et « environnement organisationnel » est constituée de plusieurs objets. Ces objets ne sont pas indépendants : une approche gérant l'évolution vise au contraire à identifier leurs interdépendances. La vue « interface générique » a pour but de formaliser les interdépendances entre les objets des vues « processus métiers » et « environnement organisationnel ». Ces interdépendances sont exprimées de manière générique, ce qui signifie que leurs spécifications restent valides pour différentes versions de l'environnement organisationnel ou des processus.

Cette vue de modélisation va notamment permettre de spécifier les « besoins » des processus métiers par rapport à l'environnement organisationnel. En effet, les choix qui construisent l'environnement organisationnel sont liés à la fois au besoin métier mais aussi à des contraintes supplémentaires : contraintes matérielles et financières, contraintes de l'existant ou des stratégies décisionnelles à un instant donné.

L'ensemble des concepts ainsi introduits précise, de façon générique, les besoins des processus auxquels doit répondre l'environnement organisationnel.

Par exemple, un concept sera introduit pour caractériser les fonctionnalités attendues rendues par le système informatique. Ce concept de « fonctionnalité » de la vue interface va spécifier génériquement les liens entre un processus métiers et l'architecture applicative. En effet, les fonctionnalités attendues restent indépendantes de la structuration choisie pour les applications.

IV.3 Découplage entre modélisation métier et modélisation informatique

Ce découplage est mis en évidence dans le méta-modèle de la figure IV.31 par les deux couches de modélisation « Modélisation orientée métier » et « Modélisation orientée informatique ».

Ce découplage s'inscrit dans les principes de l'urbanisme du système informatique cités dans le chapitre II. Cette séparation conceptuelle est nécessaire au plan méthodologique, afin de

gérer la frontière et les correspondances entre l'univers métier et l'univers informatique [Chelli 03]. L'urbanisme propose un principe de mise en cohérence de ces deux univers : des zones d'urbanisme informatique (correspondant à une intégration forte d'un ensemble d'applications) doivent être mises en correspondance avec des zones organisationnelles de l'entreprise. Les travaux actuels divergent à la fois sur la manière de délimiter les zones d'urbanisme et sur la nature du lien de correspondance entre ces deux univers, mais la séparation conceptuelle entre modélisation orientée métier et modélisation orientée informatique reste dans tous les cas indispensable.

Dans le domaine de la microélectronique, cette séparation entre deux couches de modélisation est d'autant plus nécessaire que l'informatisation des processus est importante et que toute rationalisation des processus métiers est fortement liée au système informatique. La microélectronique constitue en effet un environnement de haute technologie, avec un niveau d'automatisation élevé et en croissance constante, conduisant à la rationalisation des tâches de gestion et de pilotage. Certaines orientations préconisent la mise en place d'une démarche progressive d'encapsulation des processus métier, notamment par l'informatisation. A l'échelle de la globalité de l'entreprise, le découplage entre modélisation métier et modélisation informatique permet de mesurer le degré d'informatisation des processus métiers, l'adéquation du système informatique avec les besoins métiers, ou encore d'identifier des zones critiques pour l'entreprise.

Dans cette partie, nous avons mis en évidence les découplages que nous avons introduits dans notre méta-modèle. Dans la partie suivante, nous allons détailler l'ensemble des concepts présents dans le méta-modèle et leur articulation dans les découplages proposés.

V. Les concepts introduits dans le méta-modèle

V.1 L'architecture du méta-modèle

L'architecture du méta-modèle décrit les concepts utilisés et les liens entre eux. Il permet de structurer les informations ensuite implémentées dans les vues de modélisation et qui sont renseignées par les acteurs des projets de modélisation. Le méta-modèle est présenté dans la figure IV.32, selon les découplages présentés dans les paragraphes précédents.

Dans cette figure, les classes sont les concepts clés nécessaires à la description du système d'information. Les différentes classes sont reliées par différents types de lien (repris dans la légende de la figure).

Pour les classes ayant des spécialisations (par exemple, la classe *unité organisationnelle*), seules les principales classes spécialisées sont reprises dans la figure (par exemple, d'autres objets tels que les réseaux, les imprimantes... sont aussi des spécialisations de la classe *infrastructure*).

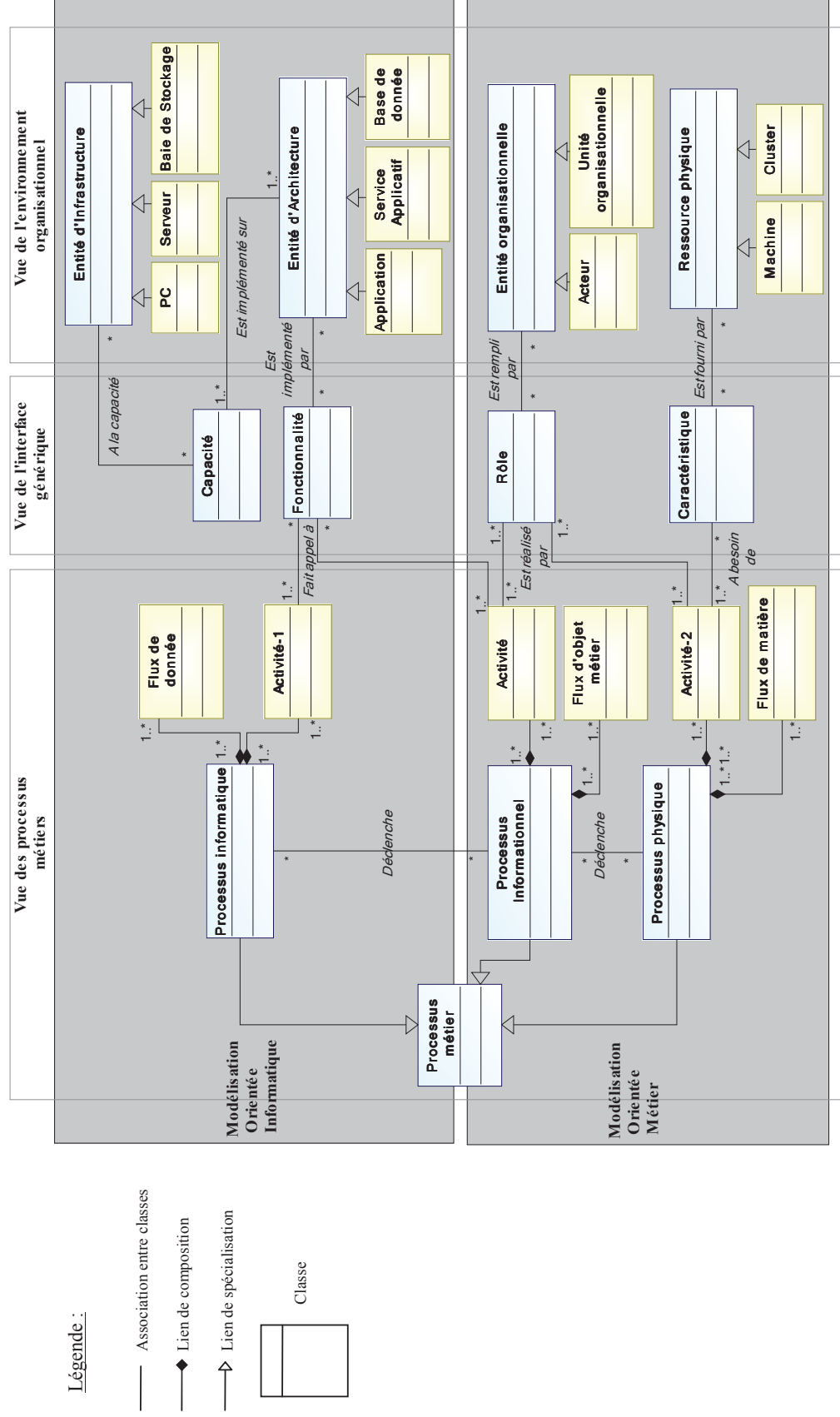


figure IV.32 : Le méta-modèle proposé

Dans les paragraphes qui suivent, nous allons détailler les différents concepts proposés. L'objectif est de définir la sémantique de ceux-ci. La partie consacrée aux classes se rapportant aux processus physiques sera peu développée car nos travaux se concentrent sur les processus informationnels. En revanche, dans un souci d'exhaustivité, il nous paraît important d'intégrer la partie concernant les processus physiques dans la description globale du méta-modèle. Cet ajout permet de mettre en avant l'importance d'appliquer les concepts de découplage à tous les domaines de l'entreprise.

Dans les paragraphes V.2, V.3 et V.4, nous définirons le contenu des vues du méta-modèle. Nous rappelons que notre objectif n'est pas d'écrire une thèse en modélisation d'entreprise, mais que ces travaux sont le point de départ de notre recherche. L'objectif n'est pas d'apporter une contribution sur les concepts fondamentaux qui ont déjà fait l'objet de nombreux développements mais de mettre en avant certains de ces concepts et leurs relations en fonction de notre problématique de gestion de l'évolution.

Pour définir l'ensemble des concepts relatifs aux différentes classes et modèles qui seront détaillés dans les paragraphes qui suivent, nous nous baserons donc autant que possible sur les deux projets de modélisation d'entreprise que sont le projet ArchiMate [ArchiMate 02a] et la norme ISO 19440 [ISO 19440 05], les plus proches de notre problématique.

V.2 La vue des processus métiers

Comme nous l'avons mis en avant dans le chapitre II, les processus constituent le cœur du fonctionnement de l'entreprise. Ces processus doivent donc être représentés dans les modèles d'entreprise afin de pouvoir expliciter l'organisation interne des activités de l'entreprise. Cette vue du méta-modèle est reprise dans la figure IV.33 et présente les différents modèles de cette vue et leurs interactions.

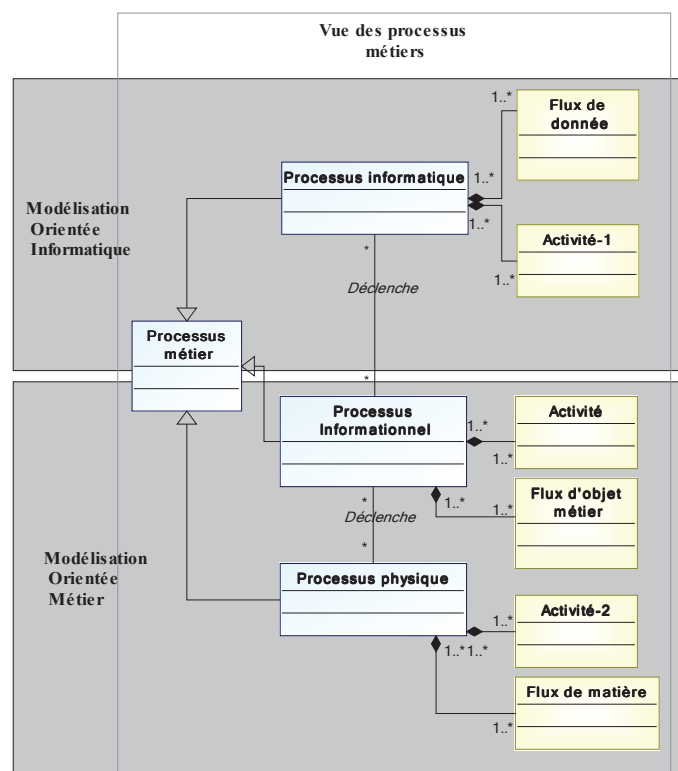


figure IV.33 : Vue des processus métiers

Dans les paragraphes qui suivent, nous allons détailler les différents objets définis autour des processus, ainsi que les modèles dans lesquels seront utilisés ces objets.

V.2.1 La définition du concept de processus

Nous allons revenir sur la notion de *processus métier*. La définition de la notion de *processus métier* (en anglais business process) a reçu de nombreuses contributions ce qui rend d'autant plus difficile la formalisation d'une définition générale [Lindsay 03]. Quand nous parlons de *processus métier*, nous faisons allusion à la notion de « business process » en anglais. Voici quelques définitions de ce terme :

- “A business process is a construct that represents a partially ordered set of Business Processes and/or Enterprise Activity which can be executed to realise one or more given objectives of an enterprise or a part of an enterprise to achieve some desired end-result” [ISO 19440 05].
- “A business process is a unit of internal behaviour or collection of causally related units of internal behaviour intended to produce a defined set of products and services”. [Archimate 02a]
- « Un **Processus Opérationnel** (en anglais Business Process) est une succession de tâches qui contribuent à la réalisation des objectifs de l'entreprise. De manière générale, un processus peut être défini comme un enchaînement d'activités à exécuter pour atteindre un but donné » [Vernadat 99].

La notion de « business process » est aussi parfois utilisée pour désigner uniquement les macro-processus qui traversent l'entreprise à partir des besoins client jusqu'à l'envoi du produit au client. Cette restriction est surtout utilisée dans les approches de la chaîne logistique (supply chain) qui s'intéressent à l'enchaînement des processus entre différentes entreprises. Dans notre travail, nous nous référerons à la définition générale de [Vernadat 99], qui correspond à la manière dont nous traitons le processus métier et qui est entièrement cohérente avec la norme ISO 19440.

Un processus est décrit comme nous l'avons vu dans les définitions par un ensemble d'activités et par les flux échangés pour répondre à un but ou un objectif donné. Nous nous référons à la définition de l'activité fournie par la norme [ISO 19440 05] : “An enterprise activity is a construct that represents a certain part of enterprise functionality and identifies the inputs needed for its execution and the outputs created as a result”.

De même que dans le projet ArchiMate, nous considérerons que l'*activité* correspond au niveau le plus fin de la décomposition des processus. Cette décomposition en activités intervient lorsque la modélisation des étapes du processus permet l'identification des acteurs agissant sur ces activités. La séparation de deux activités correspond alors à l'identification d'acteurs différents ou pour les mêmes acteurs à deux buts différents à remplir. La décomposition d'une activité correspond à la notion de procédure qui représente une séquence d'actions à réaliser, c'est-à-dire les modalités d'actions applicables à cette activité. Le processus, lui, définit, l'organisation de ces activités.

Dans notre étude, nous distinguerons par la suite différents types de processus qui seront introduits dans les paragraphes qui suivent (voir figure IV.34). Ces distinctions sont basées sur la nature des flux qui transitent entre les activités du processus ainsi que sur les ressources utilisées pour les réaliser. La dénomination de « *processus métier* » permet dans notre cadre de désigner l'ensemble des processus présents dans l'entreprise quelque soit leur type. La figure IV.34 reprend les objets « *processus* » introduits dans le méta-modèle figure IV.32

(Remarque : le lien entre les *processus métiers* et les *processus informatiques* décrit dans le méta-modèle a été déduit par transitivité des liens présentés dans la figure IV.34).

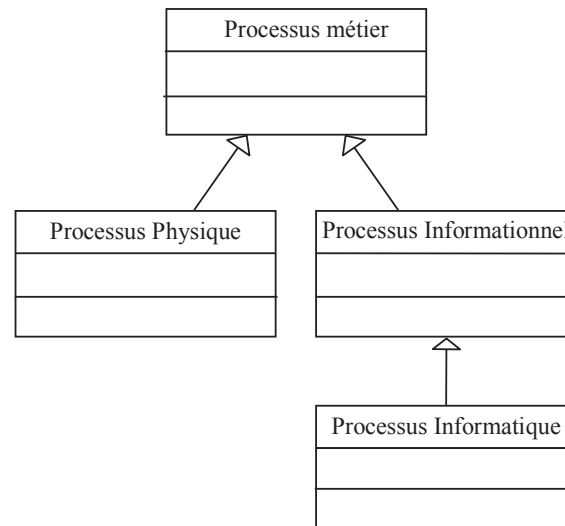


figure IV.34 : Les différentes instanciations de la notion de processus

V.2.2 *Processus informationnel*

Le cadre de notre étude s'intéresse principalement aux *processus informationnels* et à leur contexte c'est-à-dire l'organisation, les ressources humaines, les ressources matérielles et notamment l'ensemble du système informatique. Comme nous l'avons vu dans les définitions du paragraphe précédent, un processus est d'abord une succession d'activités. Chacune des activités du processus transforme des flux d'entrée en flux de sortie. Dans le cas précis de ce que nous nommerons les *processus informationnels*, les flux circulant entre les activités et qui sont transformés au sein de l'activité sont de l'information. Précisons qu'un *processus informationnel* est un traitement non informatisé de l'information, c'est-à-dire un processus où les acteurs métiers interviennent.

Au niveau d'un *processus informationnel*, ces informations ne sont pas nécessairement formalisées sous forme de données informatisées. Au contraire, elles peuvent être mises à disposition sous différentes formes, que ce soit au travers de documents, d'applications informatiques, de pages web... Ces informations sont ensuite partagées entre les différents processus ou acteurs de l'organisation. La modélisation de ces informations est un élément important à étudier car elle doit représenter une signification correspondant au niveau de granularité des processus informationnels et répondant aux objectifs de la modélisation.

Pour représenter ces flux d'informations, nous avons choisi le concept d'*objet métier*. Voici quelques définitions de cette notion, que nous avons extraites de la littérature :

1. Business objects provide pre-assembled business functionalities that can be used to bring together and customize application. They provide natural way for describing application-independent concepts such as customer, products, orders, bills [...]. Business objects package together essential business characteristics such as business procedures, policy and controls around business data [Papazoglou 00].

2. Un objet métier est une entité informationnelle représentant un concept de base pour l'organisation. Un objet métier est un objet au cœur du métier de l'organisation [Le Roux 04].
3. A business object is a unit of information that has relevance from a business perspective [Archimate 02a].
4. An Enterprise Object represents a piece of information in the enterprise domain that describes a generalized or a real or an abstract entity, which can be conceptualized as being a whole [ISO 19440 05].

La première définition est issue du domaine de l'informatique. Dans ce domaine, la notion d'*objet métier* représente bien un ensemble de données, rassemblées généralement dans une classe avec des attributs et des traitements, qui sera utilisée par des applications ou pour des échanges inter-applications, *représentant un concept de base pour l'organisation*. Les définitions suivantes sont issues de la modélisation d'entreprise ou de l'urbanisme du système informatique. Elles ne positionnent pas l'objet métier comme une donnée informatique mais comme une information porteuse de signification et manipulée ou partagée par les acteurs métiers.

Dans ce cadre, nous proposons la définition suivante : Un *objet métier* est défini par un **ensemble d'informations** manipulé par des **processus informationnels** dont la **signification unique** est **partagée par l'ensemble des acteurs** quel que soit le processus.

Les *objets métiers* sont une représentation partagée des informations manipulées par les acteurs humains des processus métiers. Ces *objets métiers* peuvent représenter à la fois de l'information générée par une activité ou un ensemble d'informations qui sont nécessaires aux acteurs pendant la réalisation de l'activité. Ce sont par exemple le bon de commande, le plan de production, les prévisions de ventes... La définition de ces *objets métiers*, tout comme pour la description des processus, nécessite l'expertise des acteurs métiers. Ce travail s'attachera notamment à la définition des frontières et des dépendances entre ces objets métier.

L'utilisation de la notion d'*objet métier* permet de prendre en compte la sémantique des informations manipulées par les processus indépendamment de l'implémentation informatique et des cycles de vie de ces informations. Bien sûr, les *objets métiers* peuvent être partiellement ou totalement représentés par des structures de données informatiques. Mais il est important dans la suite de conserver la distinction entre la modélisation métier et les objets métiers partagées, et par ailleurs la modélisation des processus informatiques et des échanges de données.

V.2.3 Processus informatique

Comme nous l'avons vu dans le paragraphe précédent, le système d'information prend en compte la dimension organisationnelle des systèmes autant que la dimension technologique. En association avec le *système d'information*, nous avons utilisé le terme de *processus informationnel* pour désigner les processus métier de traitement de l'information indépendamment du fait qu'ils soient automatisés ou non. De même que nous avons choisi la désignation de *système informatique* pour la composante informatisée du système d'information, nous utiliserons la désignation de *processus informatique* pour les processus automatisés de traitement des informations.

Le *processus informatique* est donc un processus entièrement automatisé qui transforme des données entre deux étapes de processus informationnel. Il adresse aussi les processus implémentés dans des outils de workflow. Dans le cas spécifique de la mise en place d'un

outil de workflow, les étapes du processus sont encore pour certaines réalisées par des acteurs mais l'ensemble des flux de données entre les activités sont gérés au sein d'un outil afin de garantir leurs enchaînements.

Les flux inter et intra processus sont cette fois des flux de données (structures de données informatisées). Notons qu'un *processus informatique* est considéré comme une mise en œuvre technique partielle ou complète d'un processus informationnel. Le *processus informationnel* est considéré comme le modèle de processus référent, permettant de représenter le métier indépendamment des contraintes techniques. En fonction du besoin de l'entreprise, ce modèle pourra être décliné pour répondre à des besoins spécifiques d'implémentation. Les informations complémentaires nécessaires dans ce nouveau modèle sont ainsi ajoutées à partir des informations pertinentes du modèle de *processus informationnel*.

V.2.4 Processus physique

Les *processus physiques* correspondent aux processus de l'entreprise transformant des flux de matière et d'énergie, que ce soit les processus principaux de l'entreprise (comme le processus de fabrication de wafer dans le semi-conducteur) ou les processus secondaires comme ceux gérant les installations (comme la gestion des fluides et des gaz dans le semi-conducteur). La maîtrise des *processus physiques* répond à des problématiques particulières de gestion de production. Par la suite, nous nous concentrerons sur les problématiques liées aux flux d'information.

De plus, la performance des flux physiques passe notamment par la maîtrise des flux d'information associés qui permettent d'assurer le suivi et le contrôle de la production. La coordination de ces deux types de flux représente un enjeu dans certains secteurs comme la logistique ou l'ordonnancement mais ne sera pas traité dans le cadre de notre étude.

V.2.5 Les modèles des processus

Tous les processus métiers, que nous venons de détailler, sont décrits dans des modèles. Ces modèles possèdent plusieurs niveaux de granularité :

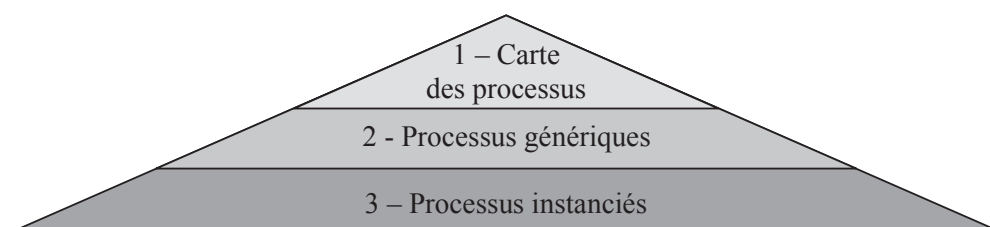


figure IV.35 : La granularité des modèles de processus

Les *cartes des processus* de niveau 1 représentent des modèles des processus d'un domaine de l'entreprise. La *carte des processus* correspond à la visualisation des interrelations entre les différents processus d'un même niveau de granularité. L'identification des interactions entre ces processus revêt un caractère essentiel pour comprendre les contraintes qui régissent l'organisation. Ces cartes des processus mettent en évidence les flux d'information qui existent entre les processus de l'entreprise (informations produites et consommées entre les processus).

Dans ces niveaux, les processus ne sont pas reliés aux organisations, ni aux systèmes informatiques. Ils représentent ainsi les grandes orientations choisies par l'entreprise et ses invariants. Une modification dans ces niveaux a généralement un impact très important (changement d'activité qui nécessite l'ajout, la suppression ou la modification de processus de

l'entreprise). La modélisation de ces niveaux sert aussi à naviguer dans le fonctionnement de l'entreprise, à vérifier que tous les pans nécessaires au bon fonctionnement de l'entreprise sont abordés.

A ce premier niveau de représentation, la modélisation doit répondre à un objectif précis qui induit des choix. Par exemple, la méthodologie GRAI met en évidence les centres de décision entre les processus. Dans notre cas, ce sont plutôt les interrelations entre ces processus qui doivent être mises en évidence afin de comprendre les impacts d'une modification sur l'ensemble des processus, que ces processus soit des processus principaux, de support ou de management comme les définit M. Porter [Porter 86]. Différents exemples de cartes des processus de niveau 1 sont présentés dans la figure IV.36. Chacun correspond à un choix de modélisation particulier.

Dans notre cas, la *carte des processus* modélise les processus du domaine concerné par la carte (comme dans la figure, les processus de planification) et les flux d'information circulant entre ces processus. Les objets modélisés sont donc les processus et les objets métier échangés entre les processus.

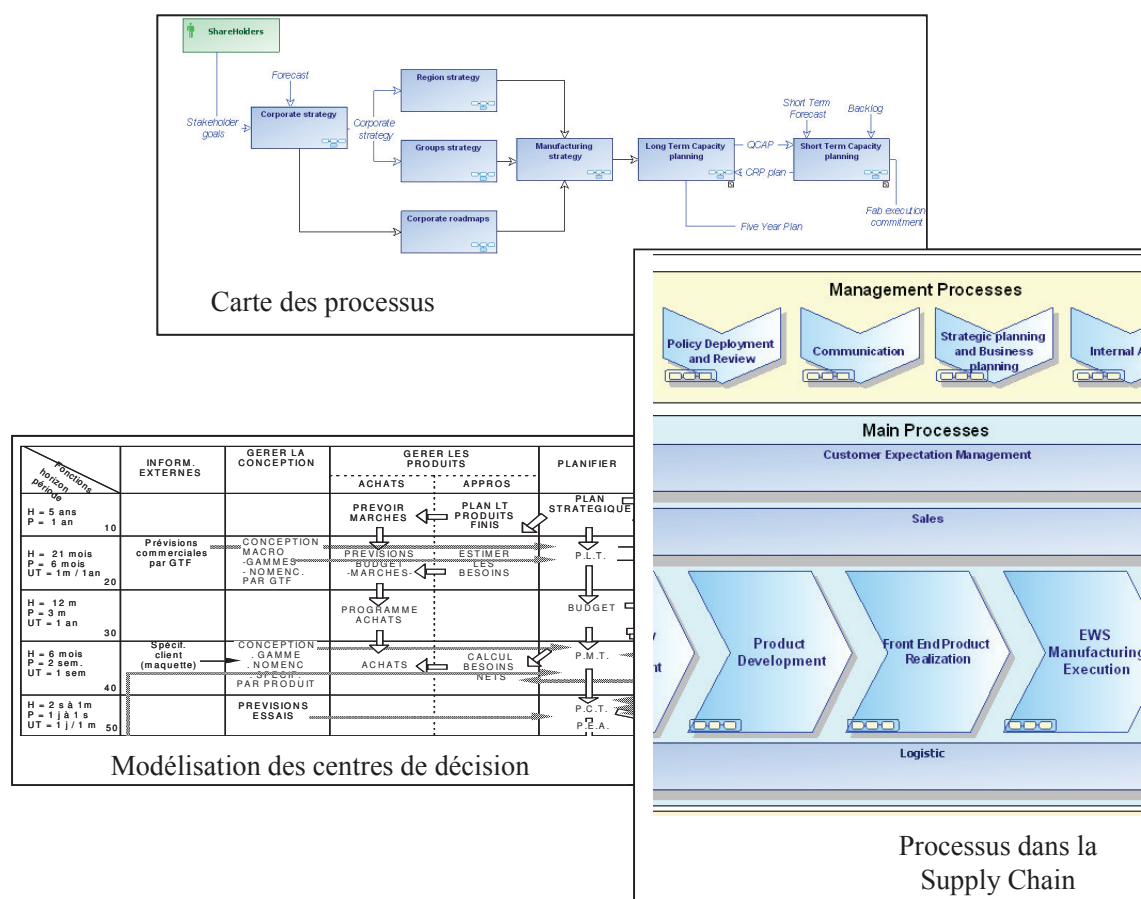


figure IV.36 : Les différentes vues du métier

Dans un second niveau, chacun des processus identifiés dans les cartes de processus peut être modélisé de façon générique, c'est-à-dire en identifiant les étapes nécessaires à la réalisation de l'objectif du processus. Ces processus correspondent aux niveaux décrits dans les méthodes telles que SCOR ou ITIL qui décrivent les meilleures pratiques concernant la réalisation d'un processus. Dans une entreprise de production multi-sites, comme

STMicroelectronics, ces processus peuvent être conçus par les organisations centrales et être considérés ensuite comme références pour leur mise en place dans les organisations locales.

Au niveau 3, les *processus instanciés* correspondent à la mise en œuvre des processus génériques dans l'organisation de l'entreprise. Nous avons vu dans le chapitre II que les méthodes de modélisation s'appuyaient sur l'objectif qu'elles avaient à remplir. Il existe donc plusieurs représentations d'un même processus. La figure IV.37 présente deux instanciations d'un processus générique de gestion des changements en production (modification d'un procédé, d'une recette sur une machine, de la route d'un produit...) :

- Une représentation d'un processus associée à son implémentation informatique La mise en place d'un workflow a été réalisée suite à la nécessité d'outiller le flux du processus informationnel,
- Une représentation d'un même processus orientée acteurs métiers dans laquelle les acteurs et les applications sont identifiés.

Ce sont des angles de vue différents de modélisation sur le processus en fonction ce qui intéresse l'utilisateur. Il est donc possible de décliner autant de modèles que nécessaires ce qui permet de donner au processus la dimension adaptée à la réponse au besoin.

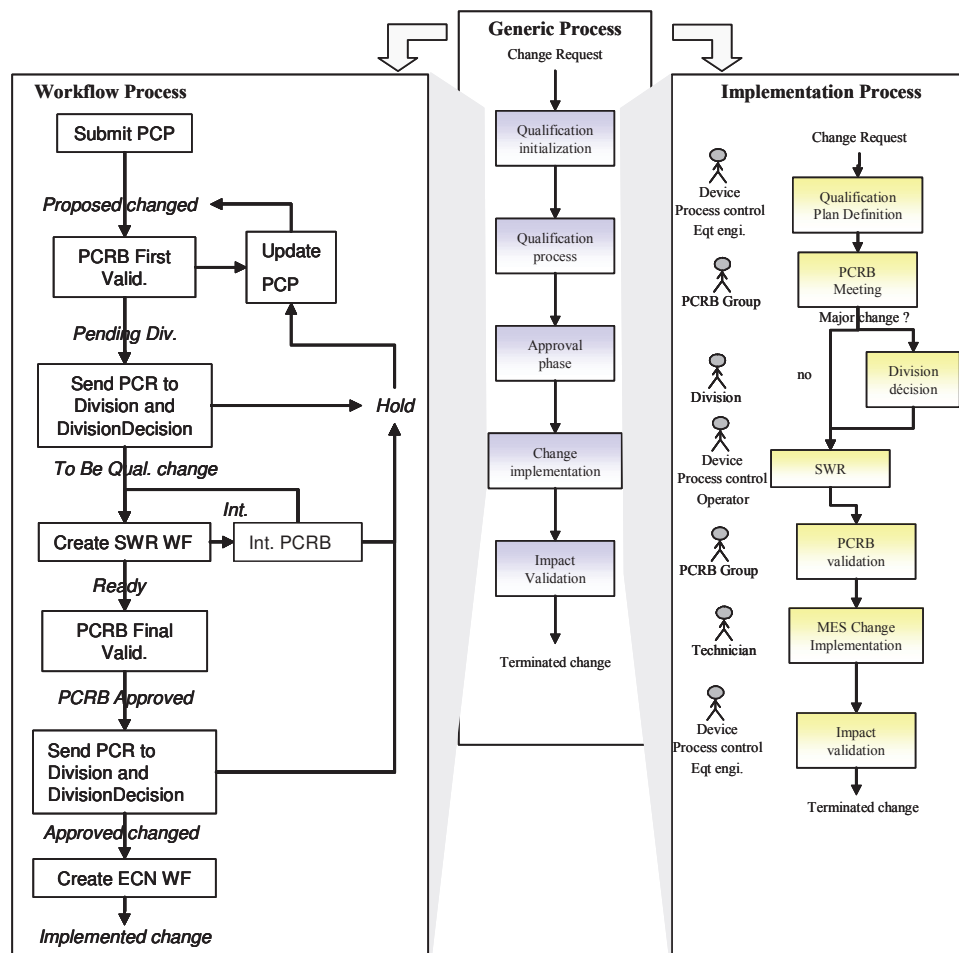


figure IV.37 : Exemple d'instanciation d'un processus générique

C'est cet aspect de la modélisation d'entreprise qui apporte toute la richesse nécessaire pour fournir les informations pertinentes aux utilisateurs. La modélisation doit répondre à un objectif précis et les mêmes objets peuvent être représentés dans des contextes différents en fonction de celui-ci.

Concernant les modèles dont l'objectif est une implémentation dans le système informatique, les modèles métiers doivent rester le référentiel dans les choix de l'implémentation même s'ils doivent s'inspirer des opportunités offertes par les évolutions technologiques. C'est pour cette raison qu'il est essentiel de conserver cette distinction entre ces deux vues de modélisation. Elle est d'autant plus difficile à apporter dans des industries fortement automatisées, mais c'est aussi dans ce cas que sa valeur ajoutée est la plus importante.

V.3 L'interface générique

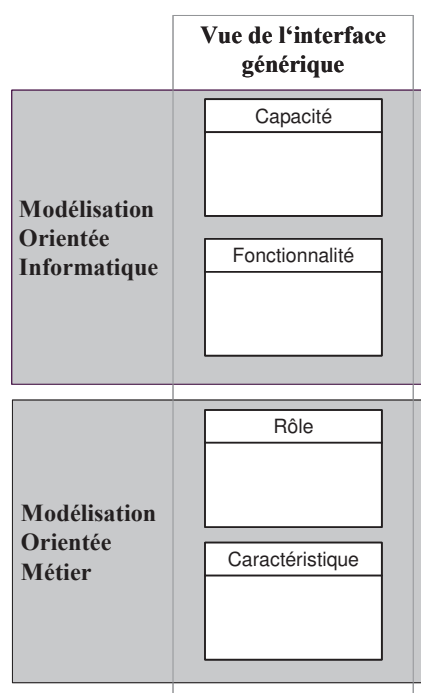


figure IV.38 : Vue de l'interface générique du méta-modèle

L'interface générique regroupe les objets permettant de réaliser une interface générique entre les processus et leur environnement organisationnel. L'ensemble de ces objets présente une stabilité dans le temps et un caractère générique. Les modèles utilisant ces objets permettent de caractériser des processus indépendamment de leur implémentation spécifique dans un contexte organisationnel. De plus, les informations apportées par ces objets caractérisant les besoins des processus évoluent moins fréquemment que le contexte lui-même. Cette couche est un élément clé de notre méta-modèle en introduisant les objets découplant les processus de l'entreprise de leur implémentation dans l'environnement. Les différents concepts de cette couche sont présentés dans les paragraphes qui suivent.

V.3.1 Le concept de rôle

Le *rôle*, dans notre cas, va caractériser soit les *acteurs*, soit les *unités organisationnelles*. Un même *acteur* ou une même *unité organisationnelle* peut jouer des *rôles* différents suivant les contextes dans lesquels il est impliqué. Il existe de nombreuses définitions du *rôle* suivant les études dans lesquelles il est utilisé. Dans le domaine de la modélisation, nous nous appuyerons notamment sur :

- [Archimate 02a] définit un rôle comme “A named specific behavior of a business actor participating in a particular context”.
- La norme ISO [ISO 19440 05] utilise le concept d’“Operational Role”, « construct that is a specialization of Person Profile that represents the relevant human skills and responsibilities required to perform those operational tasks that are assigned to the particular Operational Role”.
- [Ould 95] le définit comme un domaine de responsabilité qui va d’une définition concrète comme la définition des postes et des organisations (par exemple : directeur financier ou le département achat) en passant par la fiche de poste (comme ingénieur marketing senior) jusqu’aux définitions abstraites telles que client, validateur ou développeur.

Nous retiendrons une définition générale définissant le *rôle* comme le domaine de responsabilité d’un *acteur* ou d’une *unité organisationnelle* dans un contexte particulier.

Le *rôle* est un concept générique qui permet de matérialiser des domaines d’activités métiers cristallisant des compétences et des ensembles de missions cohérents. L’approche par les rôles est particulièrement pertinente dans une approche de gestion de l’évolution car elle met en avant les domaines de responsabilité de l’organisation dans les processus.

Le *rôle* sert d’interface générique entre les activités des processus et les *acteurs* ou les *unités organisationnelles* de l’entreprise décrits dans l’organigramme (figure IV.39). La description des *acteurs* dans l’organigramme montre le niveau de responsabilité nécessaire à la réalisation de l’activité. Cette vue reste dans notre optique liée à l’implémentation du processus et n’est pas prise en compte dans la couche générique.

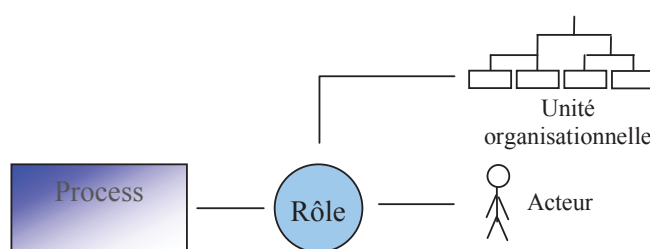


figure IV.39 : Le lien processus / organisation

V.3.2 Le concept de fonctionnalité

Le but du concept de *fonctionnalité* est de décrire les fonctionnalités nécessaires aux processus métiers et qui doivent être soutenues par le système informatique. Cet objet a pour objectif de définir les besoins fonctionnels des activités métiers, tels qu’ils sont exprimés dans les spécifications des applications informatiques, afin de les lier avec l’existant dans le système informatique.

Dans les approches existantes, la notion de *fonctionnalité* correspond au service fonctionnel réalisé par l'application :

- “A Capability is a collection of characteristics of a Resource (its provided Capability), or an Enterprise Activity (its required Capability) which describes the functionality being either provided by or required of a Resource to carry out an Enterprise Activity. Capabilities can be aggregated” [ISO 19440 05].

[Archimate 02a] se focalise directement sur l'implémentation informatique. Il ne propose pas de concept pour représenter les besoins des processus indépendamment de son implémentation. Dans notre cas, au contraire, l'objectif est de mettre en avant les invariants et de découpler les processus métiers de leur implémentation informatique, en cohérence avec les approches d'urbanisme du système informatique. L'objectif de l'objet *fonctionnalité* est donc de modéliser les besoins fonctionnels métiers, qui devront être liés ensuite aux *fonctionnalités* disponibles dans les applications existantes.

Une *fonctionnalité* est donc un service nécessaire à la réalisation d'une activité métier. Ce qui doit piloter les réalisations du système informatique sont bien les besoins métiers identifiés au sein des *processus informationnels*.

V.3.3 Les concepts de capacité et de caractéristique

Le concept de *capacité* correspond à l'interface entre les *applications* et le *hardware*. L'objet *capacité* identifie les besoins matériels « génériques » (ou la configuration minimum) nécessaires au bon fonctionnement des applications.

L'objet *caractéristique* correspond à l'interface entre les *processus physiques* (décrits dans le paragraphe V.2.4) et les *ressources physiques*. Il a le même objectif de découplage entre les processus et leur environnement que l'objet *fonctionnalité*. L'objectif est d'explicitier les besoins auxquels doivent répondre les *ressources physiques*.

V.3.4 Les modèles de l'interface générique

Les objets de l'interface générique (*rôle, fonctionnalité, capacité, caractéristique*) sont repris dans des modèles de la cartographie. Ils peuvent être décrits soit dans les modèles de processus, soit dans les modèles d'environnement, soit dans des modèles spécifiques.

Dans les modèles de processus, ces objets peuvent être utilisés dans les modèles de processus génériques ou instanciés. Leur utilisation dans les modèles de processus génériques permet de spécifier complètement le processus. Dans les modèles de processus instanciés, ils jouent leur rôle d'interface entre les processus et l'environnement organisationnel.

V.4 La vue de l'environnement organisationnel

La vue de l'environnement organisationnel correspond à la description de l'ensemble des ressources nécessaires à la réalisation des processus métiers. Les objets décrits représentent la réalité de l'entreprise et permettent de mettre en évidence le fonctionnement concret des processus.

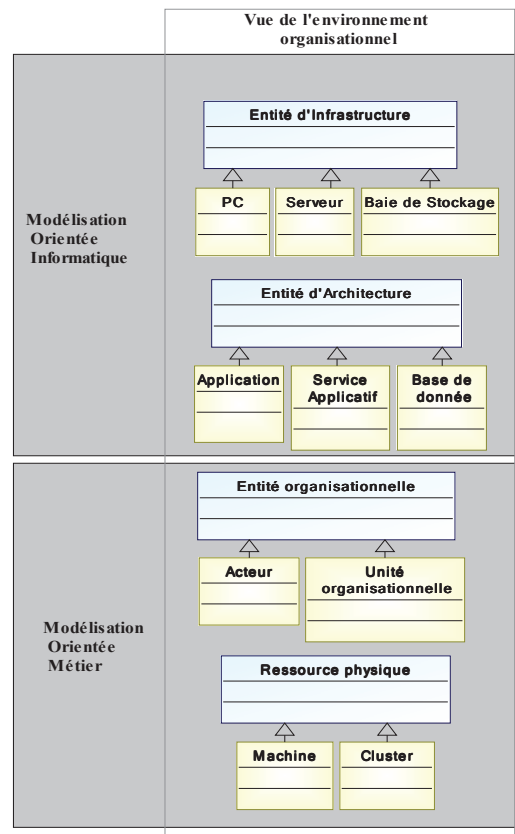


figure IV.40 : Vue de l'environnement organisationnel du méta-modèle

V.4.1 Les entités organisationnelles

Les entités organisationnelles comprennent les unités organisationnelles et les acteurs de l'entreprise qui interviennent dans les processus.

- Organizational Unit represents an entity of the organizational structure of an enterprise that is described by attributes representing properties of the organization and references to lower level organizational entities [ISO 19440 05].
- A business actor represents an organisational entity that is capable of performing behaviour. [Archimate 02a]

Dans cette définition, tous les unités organisationnelles et les acteurs humains sont confondus.

- Person represents a set of personal capabilities, skills and responsibilities that are required by an Organizational Unit or an Enterprise Activity or both, and that are provided by a person [ISO 19440 05].

Dans notre cas, nous considérerons les acteurs comme des ressources humaines distinctes des autres ressources par leur nature. Les unités organisationnelles sont elles les entités qui organisent les acteurs dans l'organigramme de l'entreprise tel que cela est défini dans la norme ISO.

Les acteurs et les unités organisationnelles sont liés avec les processus métiers au travers des rôles qu'ils remplissent, en respectant le passage par la couche générique du méta-modèle.

De plus, les *unités organisationnelles* peuvent aussi être liées aux autres ressources de la vue de l'environnement organisationnel, telles que les *applications* dans l'architecture ou les *serveurs* dans l'infrastructure. Ces liens sont des relations de responsabilité ou d'interlocuteurs privilégiés. Ces liens ont principalement pour objectif de fournir de l'information opérationnelle aux utilisateurs des modèles d'entreprise.

V.4.2 Les entités d'architecture

Les *entités d'architecture* contiennent les *applications* et les *bases de données* existantes dans l'entreprise. Le lien entre les *entités d'architecture* et les processus se fait au travers des objets génériques de *service fonctionnel*.

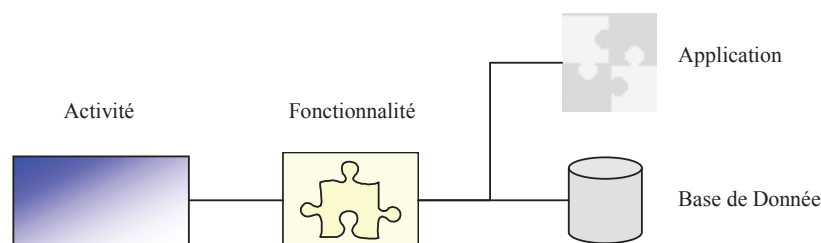


figure IV.41 : Lien entre les activités et les applications

Nous allons nous prendre le temps de détailler la décomposition d'une *application*. Actuellement, les développements d'applications se tournent vers une structuration qui propose la mise à disposition de *services* réutilisables, accessibles par d'autres *applications* (encapsulation de services).

- An application service is an externally visible unit of functionality, provided by one or more components, exposed through well-defined interfaces, and meaningful to the environment [Archimate 02a].

Le lien entre les *applications informatiques* et les *processus métiers* se réalise au travers de la *fonctionnalité* nécessaire à la réalisation des activités. Lorsque les *applications* sont décrites en services techniques (comme les approches actuelles le recommandent), le lien s'effectue entre la *fonctionnalité* nécessaire à l'activité et le service technique fourni par l'application. Si l'*application* n'est pas décrite sous forme de services, le lien s'effectue directement vers l'*application* qui remplit la *fonctionnalité*. Il est donc essentiel que la modélisation des *processus métiers* mette en évidence les *fonctionnalités* « élémentaires » qu'ils nécessitent. Ceux-ci seront les besoins implémentés dans une architecture informatique orientée services.

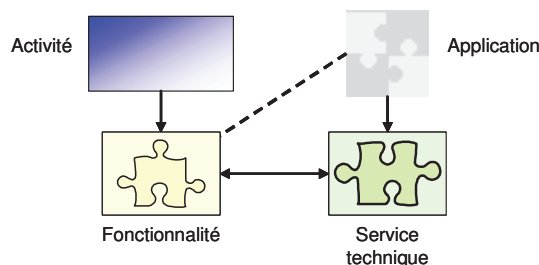


figure IV.42 : Lien entre les activités et les applications par les services

V.4.3 Les entités d'infrastructure

Les entités d'infrastructure contiennent l'ensemble des composants sur lesquels les applications de l'entreprise reposent. Cela correspond à l'ensemble des machines (PC, serveur, baie de stockage) nécessaires mais aussi au réseau qui permet la circulation de l'information entre les entités.

Le lien entre les *applications* et les *entités d'infrastructure* sur lesquelles elles sont implémentées se fait par les objets *capacité*.

V.4.4 Les ressources physiques

Tout comme pour les *processus physiques*, les *ressources physiques* de production ne seront pas traitées dans cette étude. Ce que nous nommons *ressource physique* est généralement inclus dans la définition du terme ressource, c'est-à-dire, ce qui est nécessaire à la réalisation de processus.

Etant donné que nous nous concentrerons sur la partie des *processus informationnels*, nous distinguerons les ressources nécessaires à ces processus (information et acteur) des ressources nécessaires aux *processus physiques*.

Dans la microélectronique, et donc chez STMicroelectronics, les ressources physiques constituent un enjeu de taille puisque les machines représentent des investissements importants ; une machine de test, par exemple, pouvant coûter plusieurs millions de dollars. L'optimisation des ressources physiques est prise en charge par des processus spécifiques dans les entreprises de semi-conducteur et la gestion de ces ressources physiques est un champ de recherche à part entière.

Nous souhaitons simplement souligner que l'extension du principe de découplage aux *ressources physiques* permet de compléter notre méta-modèle (c'est-à-dire d'identifier les caractéristiques et les capacités des ressources physiques nécessaires au bon fonctionnement des processus de fabrication).

V.4.5 Les modèles de l'environnement

Les objets de l'environnement organisationnel sont décrits dans différents modèles de la cartographie.

Les *entités organisationnelles* sont décrites dans des modèles représentant l'organigramme de l'entreprise. Ils lient les acteurs de l'entreprise aux différentes unités organisationnelles.

Les objets dérivés des *entités d'architecture* sont décrits dans des modèles d'architecture du système d'information. Ces modèles décrivent les applications et les bases de données du système informatique et les flux d'informations existants entre eux.

De même, les objets dérivés de l'*infrastructure* sont décrits dans des modèles d'infrastructure du système d'information. Ils décrivent l'ensemble du hardware (PC, serveur, baie de stockage, réseau...) nécessaire au fonctionnement des applications.

Les *ressources physiques* sont représentées dans des modèles dédiés, représentant les machines de production et l'ensemble des ressources nécessaires à la production.

Les différents objets présentés dans ce chapitre seront illustrés dans le *chapitre VII* relatif à l'étude de cas. Ce chapitre présentera leurs mises en œuvre et les différents types de modèle qui les implémenteront.

VI. Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons introduit le méta-modèle que nous préconisons pour la modélisation dans l'objectif de la gestion de l'évolution ainsi que l'ensemble des concepts utilisés dans ce méta-modèle. Nous sommes principalement appuyés sur des définitions existantes issues du projet ArchiMate et de la norme ISO 19440.

Ce méta-modèle a été implémenté dans l'outil de modélisation d'entreprise Adonis®, de la société BOC. Cet outil permet la modification de son méta-modèle en fonction des besoins de modélisation. L'ensemble des concepts et de leurs liens présentés dans ce chapitre ont pu être formalisés dans l'outil. Ces développements ont ensuite été adaptés dans l'outil MEGA qui a été choisi pour le projet industriel.

Ce méta-modèle a été développé afin de faciliter la gestion de l'évolution dans l'entreprise. Nous avons souligné deux mécanismes pour gérer la complexité du système d'information et de son évolution :

- L'utilisation de découplages entre les vues du système d'information. Ces découplages correspondent à l'identification des sous-systèmes de ce système complexe, pouvant être amenés à évoluer indépendamment dans le temps. Ils ont pour objectif de réduire le couplage du système d'information et ainsi de le rendre plus flexible.
- L'identification de concepts génériques capitalisant les besoins des processus métiers. Ils représentent les invariants nécessaires à l'identification des interdépendances entre les processus et leur environnement. Ces concepts représentent une source de stabilité en permettant la distinction des sources de changement et l'identification d'objets dont les évolutions seront moins fréquentes.

Dans la suite de nos travaux, nous nous concentrerons sur les problématiques centrées autour des processus informationnels. En effet, comme nous l'avons précisé dans la méthode d'urbanisme organisationnel du système d'information, notre approche est centrée sur le système d'information. Le méta-modèle présenté a été conçu dans une optique plus large afin d'illustrer les notions de découplage que nous avons introduites précédemment.

Le chapitre suivant montre comment les données recueillies au travers du méta-modèle peuvent être exploitées pour la gestion de l'évolution dans l'entreprise.

Chapitre V

La clusterisation des processus

Dans le chapitre III sur l'urbanisme organisationnel, l'urbanisme prospectif définit le besoin de posséder une vision globale du système d'information dans laquelle les impacts des évolutions peuvent être identifiés, analysés et évalués.

Afin d'obtenir une gestion affinée des différents processus et de comprendre les liens qui les unissent dans l'entreprise, l'approche décrite dans ce chapitre se propose d'identifier des zones dans lesquelles les processus sont fortement interdépendants. L'objectif de ce chapitre est donc d'exposer la démarche conceptuelle et les méthodes sélectionnées.

Le but de la méthodologie est de délimiter des zones de processus cohérentes vis-à-vis de la gestion de l'évolution, c'est-à-dire des zones que l'on fera évoluer de manière conjointe au sein de l'entreprise dans le but de faciliter la gestion globale des changements. Le critère que nous avons retenu pour définir cette notion de « cohérence au regard de l'évolution » pour les zones de processus, est le critère de degré d'interdépendance entre les processus. Ainsi nous cherchons à définir des zones de processus peu dépendantes vis-à-vis des autres zones (faible dépendance inter-zones) et au sein desquelles les processus sont fortement interdépendants (forte dépendance intra-zone). La clusterisation, ou le groupement de processus métier, est la méthode choisie pour délimiter les frontières des zones cohérentes de processus.

La première partie présente les objectifs et les étapes de la démarche globale de clusterisation des processus que nous avons développée. Les concepts sur lesquels nous nous sommes appuyés sont mis en lumière par une courte revue de la littérature.

Définir des ensembles cohérents de processus, c'est tout d'abord définir la notion de dépendance entre les processus. La dépendance entre les processus représente à la fois la cohérence entre les composants de l'entreprise mais aussi les freins à son évolutivité. La seconde partie de ce chapitre présente donc la notion de dépendance telle que nous l'avons définie pour les processus.

Une troisième partie est consacrée à la présentation des approches de clusterisation. Ces approches mathématiques ont pour objectif de constituer des regroupements cohérents entre des ensembles d'objets. Ces méthodes, appliquées aux processus et à leurs dépendances, définiront des ensembles qui constitueront le socle du diagnostic du système d'information.

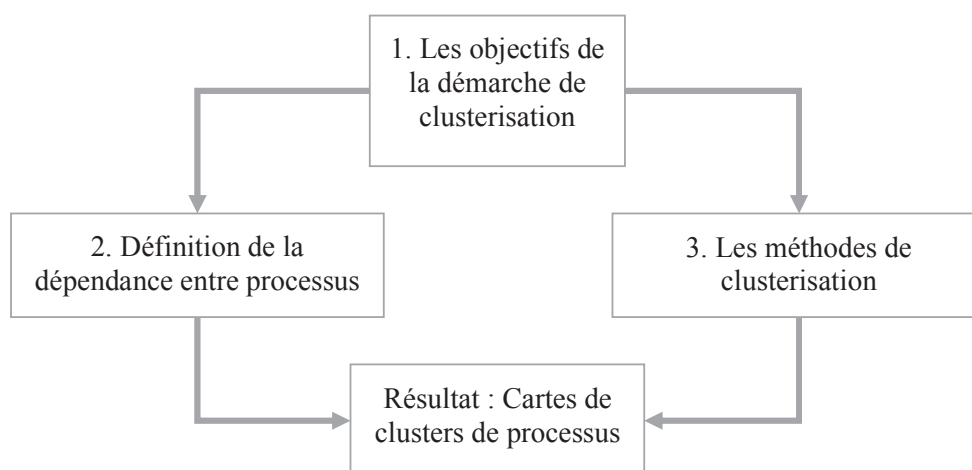


figure V.43 : Plan du chapitre

I. Les objectifs de la démarche de clusterisation des processus

L'objectif de la démarche présentée est de fournir une analyse du système d'information permettant de faciliter la prise de décision des managers de l'entreprise. Cette analyse s'appuiera sur une représentation synthétique du système d'information et des indicateurs pertinents pour la gestion de l'évolution. Pour construire cette vision, nous avons choisi de représenter le système comme un ensemble de blocs cohérents et fortement dépendants vis-à-vis de l'évolution. Ces blocs constitueront des unités de gestion du changement et le diagnostic de ces blocs devra permettre de mettre en évidence l'alignement d'un changement vis-à-vis de la stratégie de l'entreprise et du système existant.

La cohérence des entités de l'entreprise garantit la bonne coordination et le bon fonctionnement de l'entreprise. Les mécanismes de coordination entre les entités de l'entreprise visent à assurer son efficacité et son efficience globale, au-delà des performances plus locales de chaque entité. La cohérence dans la gestion de l'évolution vise à maintenir dans le temps la qualité de ces mécanismes de coordination quelles que soient les situations de changement que doit subir l'entreprise. Elle permet de garantir une bonne diffusion de l'information entre les entités et l'absence de rupture dans l'organisation.

Cette cohérence est traduite au sein du système par des dépendances entre les entités. Nous allons nous appuyer sur l'évaluation des dépendances entre processus pour gérer cette cohérence. En effet, tous les mécanismes de coordination entre les processus génèrent ou sont le résultat de liens d'interdépendance. Etant donné que les organisations sont composées de multiples éléments inter-dépendants, tout changement sur un élément a un impact sur les autres éléments dépendants du système. Pour obtenir une bonne gestion des processus métiers, il est nécessaire d'identifier les processus traversant les zones organisationnelles de l'entreprise, rationaliser les flux et gérer les dépendances entre eux [Hee-Woong 00]. C'est donc par l'analyse des dépendances que nous proposons d'assurer la cohérence vis à vis de l'évolution.

Ces dépendances constituent les liens qui assurent la stabilité de l'organisation. Cette stabilité représente une force de l'organisation et sa capacité à assurer son fonctionnement. [Pollalis 03] souligne en effet que des études empiriques [Miller 82], [Miller 84], [Mintzberg 79] montrent que les organisations qui réussissent préfèrent maintenir la cohérence interne entre leurs éléments aussi longtemps que possible plutôt que de changer continuellement certains de ces éléments pour s'adapter à leurs environnements.

D'un autre point de vue, ces dépendances représentent les contraintes inhérentes de l'organisation. Ces contraintes, pour la gestion de l'évolution, sont un frein à la flexibilité. Cette ambivalence entre flexibilité et stabilité est un paradoxe propre à la gestion de l'évolution. A la lumière de ce paradoxe, l'identification, la quantification et la gestion des liens de dépendances deviennent des outils cruciaux pour les entreprises.

Comme nous l'avons mis en avant dans le chapitre II, les processus constituent dans notre approche le cœur de la démarche de gestion de l'évolution. Dans ce cadre, la gestion des dépendances ainsi que la notion de groupes organisationnels cohérents pour la gestion de l'évolution se baseront sur les processus. Un groupe est un regroupement de processus, reliés par des dépendances fortes, mutualisant des informations et des ressources qui peuvent être des applications ou des acteurs. Les processus d'un même groupe se coordonnent en constituant un sous-système fortement dépendant dont le fonctionnement doit garantir la réalisation des objectifs et des services de chacun des processus.

II. La démarche de clusterisation des processus

II.1 La coordination des processus

L'analyse organisationnelle du système d'information se fait dans le but d'une gestion de l'évolution. Dans ce cadre, le système d'information doit montrer ses capacités à faire travailler ensemble toutes les entités de son système. La gestion de l'évolution telle que nous l'envisageons passe par une identification des besoins en coordination au sein de l'organisation. Les mécanismes de coordination sont des éléments explicatifs du fonctionnement de l'organisation.

La coordination est la gestion des interdépendances entre des activités ou des processus [Malone 93]. Les mécanismes de coordination sont un des aspects de la structure organisationnelle qui découle de la vision stratégique, de l'environnement, de la technologie et des tâches de l'organisation. Une théorie de la coordination a été proposée et formalisée par Crowston et Malone [Malone 93], [Crowston 97]. Elle identifie plusieurs types de dépendances entre les tâches : ressources partagées, relations clients-fournisseurs, contraintes de simultanéité et dépendances entre tâches et sous-tâches. Les auteurs considèrent que les dépendances se situent principalement entre les tâches, au travers du partage des ressources.

Ces notions de coordination ont été reprises, notamment dans le domaine de l'ingénierie concourante. A l'origine, les processus de conception et d'ingénierie de produits étaient organisés séquentiellement. Face aux exigences des clients, les entreprises ont dû s'organiser autour de processus concourants facilitant le changement et la réactivité. [Chen 03] et [Kuziak 93] proposent ainsi de reconcevoir les processus de conception autour des dépendances entre les tâches. D'autres approches autour des processus comme le Business Process Reengineering s'intéressent aux dépendances autour des activités des processus [Hwang 02]. Ces approches montrent que lorsque l'on s'intéresse à la gestion de l'évolution, il est nécessaire de s'interroger sur les dépendances entre les éléments au cœur du système. L'identification des dépendances dans un système ou une organisation facilite la mise en place de mécanismes de coordination. Dans la théorie de la coordination ainsi que dans les approches autour du BPr et de l'ingénierie concourante, la notion de ressource reste très générale et englobe à la fois les ressources physiques et humaines.

Ces dépendances par les ressources ont été développées dans d'autres axes de recherche. Le développement des systèmes d'information a conduit à l'émergence de travaux autour de l'automatisation des processus. La mise en place de workflows a montré la nécessité d'études autour des dépendances entre les tâches afin de permettre l'intégration des échanges inter-applications. Ainsi, des travaux sur la dépendance entre les tâches du workflow [Attie 93], [Carter 03] se sont appuyés sur les flux d'informations échangées. Ces travaux autour de la dépendance d'information trouvent aussi leur intérêt dans les approches autour de l'intégration d'applications qui devient un nouvel enjeu pour les entreprises [Albino 02]. [Castano 99] dans une étude sur les workflows va plus loin en étudiant la dépendance entre les différentes informations utilisées par les tâches pour détecter les points bloquants dans le processus. [Lee 98] de son côté utilise ces dépendances informationnelles pour regrouper des processus autour des informations utilisées.

D'autres travaux sur les dépendances s'intéressent à l'interaction des acteurs. Les acteurs interviennent dans les activités des processus. Ils peuvent être considérés comme des ressources partagées qui génèrent des dépendances entre les tâches. Tout comme les informations, les acteurs sont liés entre eux et doivent être coordonnés pour travailler ensemble. Ainsi, [Yu 97] montre que les acteurs d'une entreprise sont dépendants et que ces

dépendances doivent être gérées pour que l'entreprise soit réactive face au changement. [Dahlgren 01] s'intéresse à l'influence de l'organisation des acteurs de l'entreprise sur la performance des processus. Dans le domaine du système d'information, [Castro 02] s'intéresse notamment à cette dépendance des acteurs dans la définition des besoins d'un système d'information.

L'ensemble de ces travaux montre la multiplicité des liens entre les activités et leur environnement dans l'entreprise. Crowston et Malone ont mis en avant que les dépendances entre tâches passent aussi par le partage de ressources. Ce sont d'abord les ressources matérielles. Mais, ces ressources peuvent être aussi identifiées comme informationnelles ou humaines comme nous l'avons vu dans les paragraphes précédents. En s'appuyant sur les orientations de ces travaux autour de la dépendance des tâches, nous proposons de définir la dépendance entre les processus. Dans une approche de gestion de l'évolution, la mise en évidence de ces dépendances apparaît comme un élément indispensable pour obtenir une approche cohérente des contraintes et des inerties du système. Nous retiendrons donc les trois principaux attributs identifiant les dépendances que sont les acteurs, les ressources matérielles et les informations. Chacun de ces attributs constitue une dimension de la dépendance et un levier d'action pour gérer les mécanismes de coordination.

De plus, les travaux effectués sur chaque type de dépendance montrent que des dépendances existent aussi entre les ressources et influencent la coordination des tâches. Ces dépendances entre les ressources constituent donc une dépendance indirecte entre les tâches mais qui agit sur leur coordination. La définition de la dépendance entre les processus peut ainsi être enrichie par ces dépendances indirectes qui existent entre les ressources utilisées par les processus. La dépendance entre les tâches due aux ressources (*dépendance directe*) et la dépendance entre les ressources (*dépendance indirecte*) seront donc utilisées pour définir dans les paragraphes qui suivent la dépendance entre processus.

II.2 Les étapes de la démarche

La démarche repose sur la définition de la mesure de dépendances entre les processus en prenant en compte toutes les dimensions mentionnées dans le paragraphe précédent afin de constituer des regroupements. Ces regroupements se construisent sur le principe d'une forte cohésion interne et d'un fort découplage entre les groupes. La méthodologie que nous avons développée sur la clusterisation des processus suit les étapes présentées dans la figure V.44 et est détaillée dans les paragraphes qui suivent.

Le premier niveau de cartographie est celui de la *cartographie des processus* et de leur environnement. Le travail sur les dépendances de processus à l'échelle de l'entreprise nécessite de s'appuyer sur les objets de l'environnement partagés entre les processus. Cela suppose de disposer de modèles non seulement de processus mais surtout de processus situés dans leur environnement organisationnel. Ce niveau fournit donc la description du système d'information. Sa construction a nécessité la définition du méta-modèle qui structure les données nécessaires au diagnostic du système (voir chapitre IV). Ensuite, une étape de recueil de données permet de réaliser les modèles représentant le système existant. La cartographie des processus peut aussi représenter différentes solutions cibles envisagées dans le cadre de la gestion de l'évolution.

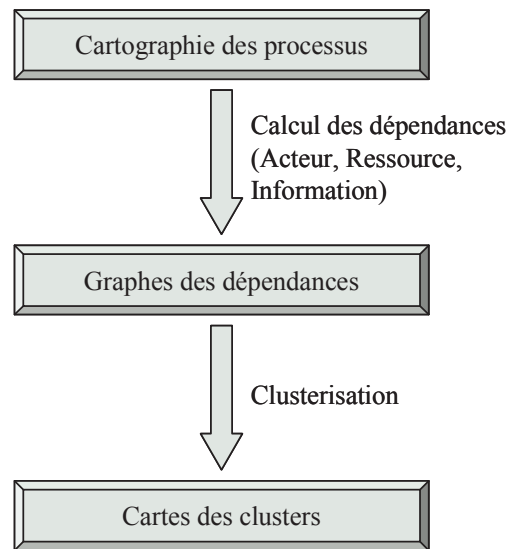


figure V.44 : La démarche de clusterisation

Une fois ces modélisations effectuées, l'objectif de l'étape suivante est de mettre en évidence les dépendances entre les processus. Pour cela, les données recueillies sont analysées et synthétisées pour obtenir les dépendances entre les processus. La notion et le calcul de la dépendance entre deux processus seront définis et développés dans les paragraphes III et IV. Ce niveau permet d'obtenir des *graphes de dépendance* entre les différents processus de l'entreprise.

Un niveau d'abstraction supplémentaire sur ces cartes a été défini dans un but d'aide à la décision. En effet, un traitement mathématique des données de ces graphes de dépendance permet de mettre en évidence la clusterisation des processus – définition d'ensembles cohérents de processus vis-à-vis de l'évolution (voir §. V). Ce sont ces *cartes de clusters* qui pourront ensuite être analysées pour mieux orienter les évolutions du système d'information.

III. Critères de dépendances inter-processus

III.1 La notion de dépendance

Dans un contexte de gestion de l'évolution, deux objets sont dépendants quand la modification de l'un a un impact sur le fonctionnement ou l'évolution de l'autre. Etant donnés deux objets, ou ensembles d'objets C_1 et C_2 , notre objectif est de caractériser leur dépendance $dep(C_1, C_2)$ avec un nombre réel compris entre 0 et 1 $[0,1]$.

Dans notre problématique, le choix des critères de dépendance est orienté par rapport à une problématique de gestion de l'évolution. Ainsi pour définir une dépendance entre deux processus, nous proposons d'identifier et de quantifier les liens inter-processus qui possèdent un impact sur la gestion de l'évolution. Ces informations sont ensuite agrégées dans un critère de dépendance.

Dans l'état de l'art du paragraphe II.1 sur la coordination entre les processus, nous avons fait ressortir trois composantes principales pour caractériser la dépendance entre les processus : les acteurs, les ressources (non humaines) et les informations. Ces trois composantes sont confirmées par notre expérience du terrain qui souligne la réalité de ces trois leviers de la coordination.

En analysant les liens possibles entre deux processus, nous avons donc retenu ces trois composantes majeures pour évaluer les dépendances entre processus :

1. la dépendance liée au partage et à l'utilisation des informations, notée D_D ;
2. la dépendance liée à l'emploi des ressources matérielles, notée D_{RE} ;
3. la dépendance liée à la mobilisation des acteurs, notée D_A .

Une dépendance ne peut pas être évaluée de façon intuitive et directe entre deux processus. Il est nécessaire de réaliser dans un premier temps des évaluations indirectes à partir de la dépendance entre les entités manipulées ou mobilisées par les processus, que ce soit au niveau des informations, des acteurs ou des ressources. Ces dépendances sont détaillées dans les paragraphes qui suivent. Dans un second temps, nous procéderons par agrégation de ces mesures élémentaires (§. IV).

III.1.1 La nature des liens de dépendance

Les liens de dépendance sont définis entre chaque couple de processus. La caractérisation de ces dépendances est issue des liens du processus avec les objets (acteurs, objet métier...) qu'il utilise et qui sont partagés avec d'autre processus. Par exemple, lorsque deux processus utilisent la même application informatique, il existe une dépendance entre eux. C'est l'identification de ces liens qui permettra le calcul de la dépendance entre les processus. La démarche est donc d'identifier l'ensemble des objets mobilisés dans un processus et d'analyser les correspondances avec l'ensemble des objets utilisés dans le second processus. Cette comparaison permettra de quantifier la dépendance existante entre ces deux processus et sera détaillée dans les paragraphes suivants.

Nous allons nous intéresser à deux caractéristiques que peuvent avoir ces liens de dépendances :

- La prise en compte de la redondance d'un même lien de dépendance.

La redondance de lien dans le calcul de la dépendance entre deux processus signifie qu'un même objet est identifié au moins deux fois dans l'environnement d'un processus. Par exemple, l'acteur « Acheteur » intervient deux fois au cours des activités du processus P_1 et intervient aussi dans le processus P_2 .

Hypothèse 1 : le calcul de la dépendance ne dépend pas du nombre d'objets partagés

Nous souhaitons détecter le partage d'objets communs entre deux processus. Ce partage sera modélisé par un lien de dépendance. Ce lien existera dans notre modèle dès qu'un objet au moins sera partagé entre les deux processus. L'identification de l'existence de ce lien une fois est suffisante pour définir la dépendance telle que nous l'envisageons. Les redondances de liens envers le même objet ne seront donc pas comptabilisées.

- L'orientation ou non de la dépendance entre deux processus

Dans le cas de la définition de la mesure de dépendance entre deux processus, l'orientation de la dépendance signifie que la dépendance entre un processus P_1 et le processus P_2 n'est pas la même qu'entre P_2 et P_1 (comme par exemple dans la figure V.45).

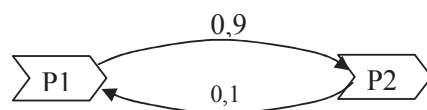


figure V.45 : Exemple de dépendances asymétriques entre deux processus

Hypothèse 2 : Les liens que nous définirons entre les processus ne seront pas quantifiés et donc non orientés.

Rappelons que la dépendance entre deux processus se calcule en fonction des objets partagés par deux processus. Le choix de définir un calcul orienté de la dépendance signifie de prendre en compte l'action de chacun des deux processus sur les objets en commun. Par exemple, deux processus partageant un document n'auront pas la même influence l'un sur l'autre en fonction de leur rôle ce document (création, modification, consultation, suppression...).

L'identification de la typologie des liens entre les processus et les objets manipulés nécessite un niveau de description très fin pour pouvoir déterminer l'intensité des liens. Compte tenu du nombre important de liens à traiter, la mesure fiable de l'intensité de chacun des liens de dépendance rendrait la démarche trop lourde et non applicable à l'entreprise.

De plus, les dépendances entre les processus serviront à la construction de regroupements de processus dont l'évolution doit être considérée de façon conjointe étant donné l'importance de leurs interrelations. L'intensité de la dépendance pourra donc être mesurée par le nombre de lien de dépendances existantes entre les processus. La prise en compte de l'intensité de ces liens n'aura qu'une faible valeur ajoutée pour la construction de tels clusters.

Ainsi, nous faisons le choix de ne quantifier l'intensité de la dépendance entre deux processus qu'à partir du nombre de liens existant entre ces deux processus. Nous nous situons ainsi à un niveau de granularité où les dépendances mutuelles entre deux processus ne seront pas orientées. La dépendance mutuelle entre deux processus sera donc considérée dans la suite comme symétrique. La notion de dépendance entre deux processus respecte donc la propriété de symétrie $dep(C_1, C_2) = dep(C_2, C_1)$.

III.1.2 La dépendance par les acteurs, notée D_A

Les processus mobilisent des acteurs pour réaliser les activités. Les acteurs sont représentés à la fois par la ressource humaine qui réalisera la tâche mais aussi par le rôle que jouera cette ressource humaine dans l'activité. De plus, cet acteur appartient à une organisation (entité de l'organigramme de l'entreprise). Cela nous mène à distinguer trois types de dépendance par les acteurs : (a) le partage d'acteur, (b) la dépendance structurelle et (c) la dépendance de rôle.

- Le partage d'acteur : deux processus P_n et P_m sont dépendants lorsqu'ils partagent exactement la même ressource humaine. Pour chaque couple d'acteur A_i, A_j mobilisés respectivement par les processus P_n et P_m , on notera $d_a(A_i, A_j)$ la fonction traduisant si les acteurs A_i et A_j sont les mêmes (valeur binaire 1 ou 0 selon que les acteurs soient identiques ou non⁶). On obtient des valeurs de d_a pour chaque combinaison de couple d'acteurs mobilisés par P_n et P_m . L'agrégation pour obtenir la dépendance finale entre P_n et P_m sera précisée au paragraphe IV.

⁶ L'utilisation d'une mesure élémentaire de dépendance binaire, 0 ou 1, a été choisie considérant qu'une mesure plus fine n'aurait pas de valeur ajoutée compte tenu des agrégations ultérieures.

- La dépendance structurelle : dans ce cas, deux processus P_n et P_m sont dépendants s'ils nécessitent des acteurs différents mais liés dans la structure de l'entreprise (l'organigramme). On note $d_s(A_i, A_j)$ la dépendance structurelle entre deux acteurs.

d_s est mesurée en référence à l'organigramme hiérarchique de l'entreprise [Barthélemy 02], [Ganesan 03]. On note par $prof(A_i)$ la profondeur du nœud A_i dans l'organigramme (nombre de niveaux sur le chemin partant du nœud racine jusqu'au nœud A_i). Etant donné deux acteurs, le plus petit ancêtre commun, noté PAC (A_i, A_j) est le nœud commun le plus profond entre A_i et A_j .

d_s est alors définie par :

Si $Max (prof(A_1), prof(A_2)) - prof(PAC(A_1, A_2)) < \alpha$ alors $d_s(A_1, A_2) = 1$ Sinon $d_s(A_1, A_2) = 0$

La variable α représente le nombre de niveaux dans l'organisation entre deux acteurs à partir duquel ces deux acteurs ne sont plus considérés comme dépendants. Cette formule est à adapter en fonction du type d'organisation (très hiérarchique ou en réseau) que l'entreprise a mis en place en jouant sur la variable α . Par exemple, si α vaut 4, tous les acteurs séparés par moins de quatre niveaux dans l'organigramme sont considérés comme dépendants.

- La dépendance de rôle : les ressources humaines mobilisées sont identiques ou non mais jouent le même rôle. Deux processus P_n et P_m sont dépendants lorsqu'ils partagent exactement le même rôle. Pour chaque couple d'acteurs A_i, A_j mobilisés respectivement par les processus P_n et P_m , on notera $d_r(A_i, A_j)$ la fonction traduisant si les acteurs A_i et A_j remplissent le même rôle (valeur binaire 1 ou 0 selon que les rôles soient identiques ou non).

Le rôle tel qu'il est défini dans cette étude concerne uniquement les acteurs de l'entreprise (ressources humaines). Comme il a été défini dans le chapitre IV, le rôle permet de matérialiser des domaines d'activités métiers cristallisant les compétences et des ensembles de missions cohérents.

III.1.3 La dépendance par les ressources, DRE

Le cadre de cette étude s'intéresse uniquement aux processus informationnels de l'entreprise. Pour ceux-ci, les ressources non humaines correspondent aux applications informatiques. En effet, le lien entre les processus et le hardware (parc machine) n'est plus considéré comme une contrainte au niveau des processus étant données les configurations machines actuelles. Pour les ressources, nous prenons en compte deux types de dépendances :

- Le partage d'applicatifs : deux processus P_n et P_m sont dépendants s'ils utilisent au moins une même application informatique. Pour chaque couple d'applications App_i, App_j mobilisées respectivement par les processus P_n et P_m on notera $d_{app}(App_i, App_j)$ la fonction traduisant si les applications sont les mêmes (valeur binaire 1 ou 0 selon que les applications soient identiques ou non). On utilisera un calcul d'agrégation présenté dans le paragraphe V pour fournir la dépendance finale entre P_n et P_m .
- La dépendance liée aux flux de données : deux processus sont dépendants s'ils utilisent des applications différentes échangeant d'importants flux de données. Pour chaque couple d'applications App_i, App_j mobilisées respectivement par les processus P_n et P_m nous notons $d_f(App_i, App_j)$ la dépendance de flux de données entre ces applications.

$d_i(\text{App}_i, \text{App}_j)$ peut être mesurée en utilisant les résultats de la démarche d'urbanisme informatique (et non pas l'urbanisme organisationnel). Indépendamment des processus d'entreprise, l'urbanisme du système informatique génère des regroupements d'applications informatiques qui sont délimités par l'intensité des échanges de données inter applications. Nous utilisons donc l'appartenance des applications à ces zones d'urbanismes pour évaluer la dépendance des processus liée aux flux de données. Deux applications appartenant à la même zone auront une dépendance 1 (forte dépendance) alors qu'en appartenant à des zones différentes, elles auront une dépendance de 0.

III.1.4 La dépendance par les informations, DD

Indépendamment de toute structure de données propre au système informatique, nous formalisons l'information manipulée par les processus, sous forme d'objets métier tels que nous les avons défini dans le chapitre IV. Un objet métier est défini par un ensemble d'informations manipulées par des processus informationnels dont la signification unique est partagée par l'ensemble des acteurs métier quel que soit le processus.

La dépendance par les informations peut être évaluée en référence à ces objets métier :

- Le partage d'Objet métier : deux processus P_n et P_m sont dits dépendants s'ils manipulent un ou plusieurs objets métier identiques. Pour chaque couple d'objets métier O_i, O_j mobilisés respectivement par les processus P_n et P_m , on notera $d_o(O_i, O_j)$ la fonction traduisant si les objets métiers O_i et O_j sont les mêmes (valeur binaire 1 ou 0 selon que les objets métiers soient identiques ou non). L'agrégation pour obtenir la dépendance finale entre P_n et P_m sera précisée dans le paragraphe V.
- La dépendance événementielle : deux processus distincts sont dits dépendants si un objet métier joue un rôle d'événement de coordination logique entre eux (dans le déclenchement ou l'enchaînement des processus). Cette dépendance est notée $d_{ev}(O_i, O_j)$ et prendra la valeur de 2 si l'objet métier joue le rôle de coordination entre les deux processus sinon elle prendra la valeur de 1.

La dépendance événementielle est donc liée au partage d'objet métier : elle exprime la coordination logique entre deux processus, par l'intermédiaire de l'information qu'ils échangent. Ainsi, quantitativement la dépendance événementielle va être prise en compte pour moduler la mesure de partage d'objet métier d_o . Lorsqu'un objet métier correspondra à l'enchaînement des deux processus étudiés, la mesure de dépendance sera renforcée dans le processus d'agrégation (au travers d'une pondération plus forte de cet objet métier) – voir §.V.

La dépendance événementielle exprime donc une coordination logique plutôt qu'une synchronisation temporelle qui est plus restrictive. En effet, l'objectif du calcul des dépendances entre les processus est, avec la phase de clusterisation, de faire apparaître des regroupements permettant de faire de nouvelles hypothèses. La structuration actuelle des processus, qui est traduite par l'enchaînement temporel des processus, ne doit pas apparaître de façon forte dans le calcul de dépendance. En effet, cette structuration est déjà celle qui préexiste dans l'enchaînement des étapes de l'entreprise. Cependant, dans le cadre de l'exercice de modélisation, ce découpage est soumis à l'appréciation du modélisateur. Afin de lisser ce biais lié aux choix du modélisateur, nous ne prenons en compte que la synchronisation logique.

Les calculs de toutes ces dépendances sont repris dans le tableau V.3. Ces mesures élémentaires sont des variables binaires correspondant au fait que l'on cherche à identifier

l'existence ou non d'une dépendance mutuelle, et non à quantifier l'intensité de cette dépendance.

Notons que la plupart des mesures de dépendances élémentaires explicitées s'appliquent à des entités manipulées par les processus (acteurs métier, objets métier, application métier). Par un mécanisme d'agrégation exposé au §.V, nous déduirons des mesures globales D_{RE} , D_A , D_D .

	Dépendance	Description de la dépendance élémentaire	Abréviation et Formule
Dépendance d'acteur (D_A)	Partage d'acteur	Les acteurs A_i et A_j des processus P_n et P_m sont ou non les mêmes.	$d_a(A_i, A_j) = 0$ ou 1
	Dépendance structurelle	Calcul de la dépendance structurelle des acteurs A_i et A_j en fonction de l'organigramme de l'entreprise	$d_s(A_i, A_j) = 0$ ou 1
	Dépendance de rôle	Deux rôles remplis par des acteurs distincts A_i et A_j sont ou non les mêmes.	$d_r(A_i, A_j) = 0$ ou 1
Dépendance d'information (D_D)	Dépendance d'objet métier	Les objets métiers O_i et O_j utilisés dans les deux processus P_n et P_m sont ou non les mêmes.	$d_o(O_i, O_j) = 0$ ou 1
	Dépendance événementielle	Coefficient traduisant l'utilisation d'un objet métier pour assurer un lien logique entre deux processus	$d_{ev}(O_i, O_j) = 1$ ou 2
Dépendance Ressource (D_{RE})	Partage d'applicatif	Les applications App_i et App_j utilisées dans les deux processus P_n et P_m sont ou non les mêmes.	$d_{app}(App_i, App_j) = 0$ ou 1
	Dépendance de flux de données	Dépendance entre les applications de deux processus P_n et P_m en référence aux zones d'urbanisme du système informatique.	$d_f(App_i, App_j) = 0$ ou 1

tableau V.3 : Synthèse des dépendances

IV. Agrégation des mesures de dépendances

Les paragraphes précédents décrivent le calcul des *mesures de dépendance élémentaire* entre les entités (acteurs, applications informatiques, rôles, objets métier,...) mobilisés par les processus (étape 1 de la figure V.46). Pour un couple de processus (P_1 , P_2), ces dépendances peuvent être représentées sous forme d'une matrice avec en ligne les entités du processus P_1 et en colonne les entités du processus P_2 . Les valeurs de la matrice représentent les dépendances élémentaires entre chaque couple d'entités. Pour chaque pôle de dépendance

(ressource, acteur, information), ces matrices de dépendances élémentaires sont ensuite agrégées pour fournir les dépendances entre les processus.

Une première fonction d'agrégation est appliquée aux mesures de dépendances élémentaires d_s , d_f entre les éléments des processus pour obtenir les dépendances d_s , d_f entre les processus :

$$d_1(p_1, p_2) = \frac{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m d_{i,j}}{n * m}$$

n et m sont le nombre d'entités (par exemple d'acteurs) considérées dans les deux processus comparés et $d_{i,j}$ sont les dépendances entre les objets (acteurs ou applications) appartenant aux processus p_1 et p_2 .

Pour les dépendances élémentaires d_r , d_a , d_{ap} , les matrices de dépendance sont simplifiées car elles ne contiennent qu'une valeur non nulles par ligne et par colonne (chaque objet du processus i ne peut être identique qu'avec un seul objet du processus j). Nous utiliserons donc une formule simplifiée pour obtenir d_R , d_A , d_{AP} :

$$d_2(p_1, p_2) = \frac{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m d(i, j)}{\max(n, m)}$$

En ce qui concerne d_o , nous utiliserons une formule différente étant donné qu'il est nécessaire d'introduire les poids induits par la dépendance événementielle.

Avec $k = \max(i, j)$ et considérant dans la description qui suit que $k = i$ alors :

$d_{ev}(O_k) = \max_{j=1..m}(d_{ev}(O_k, O_j))$ ce qui donne la formule suivante :

$$d_o(p_1, p_2) = \frac{\sum_{k=1}^n d_{ev}(O_k) \cdot \max_{j=1..m} d_o(k, j)}{\sum_{k=1}^n d_{ev}(O_k)}$$

Une fois l'agrégation effectuée pour chaque mesure élémentaire en utilisant la formule adaptée (d_1 , d_2 ou d_o), nous utilisons une moyenne pondérée pour calculer les trois dépendances D_A , D_{RE} , D_D .

$$D_D = d_o \quad D_{RE} = \frac{r_a * d_{AP} + r_f * d_F}{r_a + r_f}$$

$$D_A = \frac{a_a * d_A + a_s * d_s + a_r * d_R}{a_a + a_s + a_r}$$

Les coefficients de pondération (a_a , a_s , a_r , r_a , r_f) choisis pour cette agrégation peuvent être adaptés selon l'orientation souhaitée pour le diagnostic (voir le cas d'étude chapitre VII). Ils permettent une pondération relative des différentes mesures élémentaires, en fonction des spécificités de chaque entreprise afin de prendre en compte les spécificités du projet étudié. Le choix des pondérations influencera en effet les cartes de dépendance obtenues et ainsi le diagnostic qui pourra leur être associé. Dans certains cas précis, la génération de cartes à partir de dépendances élémentaires pourra être envisagée. En effet, elles permettront de mettre en avant des caractéristiques qui pourraient être masquées par la perte d'information liée à l'agrégation des dépendances élémentaires.

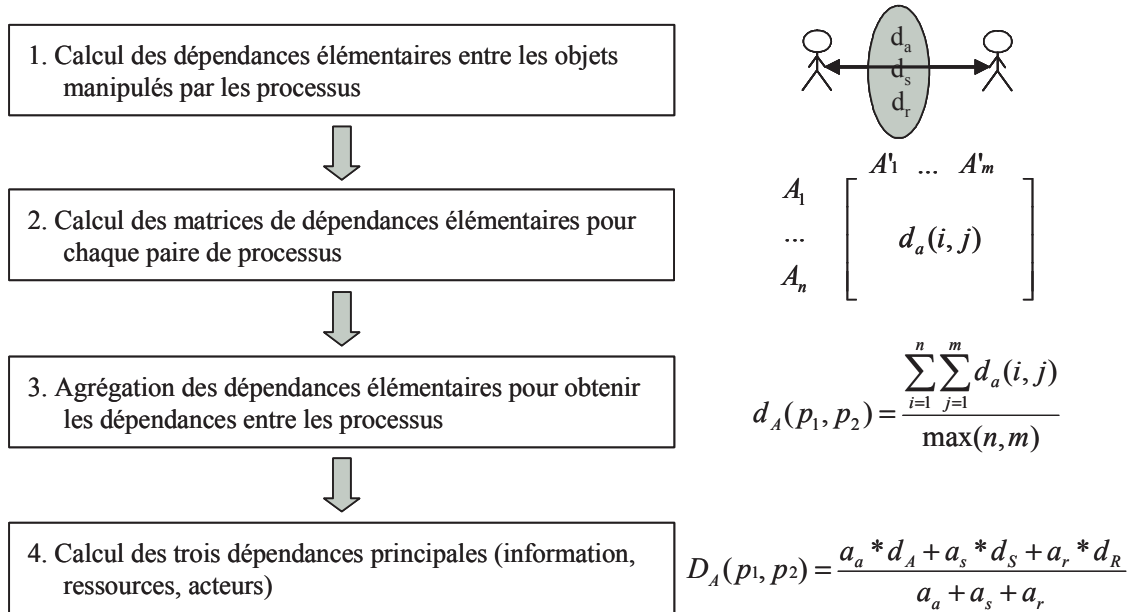


figure V.46 : Représentation schématique du mécanisme d'agrégation pour la dépendance d'acteur

Le calcul des trois dépendances principales permet la construction de graphes de processus dans lesquels les nœuds sont représentés par les processus et les liens correspondent au degré de dépendance entre les processus. Les coefficients de pondération (a_a, a_s, a_r, r_a, r_f) choisis pour cette agrégation permettent un diagnostic ciblé en fonction de la problématique adressée. La figure V.46 synthétise les différentes étapes de la mesure de dépendance décrite précédemment. Le résultat est l'obtention d'un graphe de dépendance entre les processus qui matérialise la matrice des dépendances.

IV.1 Le cas d'école

Nous allons introduire un court exemple qui illustrera notre démarche dans la suite de notre document. Nous envisageons le cas d'une entreprise représentée par cinq processus. Dans cette première partie, nous allons illustrer la construction des graphes de dépendance en suivant les étapes représentées par la figure V.46.

La première étape est le calcul des dépendances élémentaires entre deux objets manipulés par les processus. Nous prendrons comme exemple le calcul des dépendances de rôle d_r pour deux processus A et B.

La deuxième étape calcule les dépendances élémentaires pour chacun des couples d'objets intervenant dans les processus A et B. Ces mesures de dépendances sont reprises dans la matrice ci à-côté.

A		Rôle 1	Rôle 2	Rôle 3
B	Rôle 2	0	1	0
	Rôle 5	0	0	0
	Rôle 6	0	0	0

Dans ce cas, trois rôles interviennent dans le processus A et trois dans le processus B. La matrice montre que les deux processus ont un rôle en commun. Des matrices similaires sont réalisées pour chacune des dépendances élémentaires ($d_a, d_s, d_o, d_{ev}, d_{app}, d_f$).

La troisième étape permet d'agréger les matrices de dépendances élémentaires entre les objets afin d'obtenir la dépendance entre les processus. Cette étape permet d'obtenir d_R , d_A , d_S , d_O , d_{EV} , d_{APP} , d_F . Pour la dépendance de rôle présentée précédemment, on obtient :

$$d_R(A, B) = \frac{\sum_{i=1}^4 \sum_{j=1}^3 d_r(i, j)}{\max(3, 3)} = 1 / 3 = 0,3$$

Dans la quatrième étape, ces dépendances sont agrégées pour obtenir la dépendance principale (acteur, information, ressource) entre deux processus.

$$D_A(A, B) = \frac{a_a * d_A(A, B) + a_s * d_S(A, B) + a_r * d_R(A, B)}{a_a + a_s + a_r} = \frac{0 + 0 + 0,3}{3} = 0,1$$

Pour cet exemple, nous avons pris des coefficients égaux à 1 pour simplifier la démonstration. De même, les deux processus ne partagent aucun acteur - $d_A(A, B) = 0$ - et ceux-ci ne sont pas proches dans l'organigramme - $d_S(A, B) = 0$.

Les étapes 1 à 4 sont réitérées pour chaque couple de processus. Les dépendances entre acteurs entre ces cinq processus ainsi obtenues sont synthétisées dans le tableau suivant :

	A	B	C	D	E
A	1	0,1	0,1	0,2	0,7
B	0,1	1	0,7	0,8	0,3
C	0,1	0,7	1	0,9	0,2
D	0,2	0,8	0,9	1	0,1
E	0,7	0,3	0,2	0,1	1

tableau V.4 : Tableau des dépendances D_A entre processus

La figure V.47 décrit sous forme d'un graphe de dépendance le tableau précédent. Les nœuds sont les processus étudiés (lettres de A à E) et les arcs portent les dépendances entre deux processus.

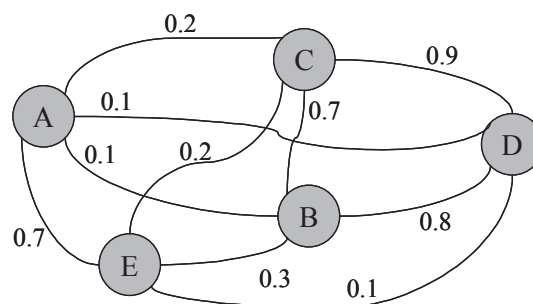


figure V.47 : Le graphe des dépendances

Ces données seront ensuite analysées pour identifier des regroupements pertinents. Le cas d'école sera prolongé au paragraphe V.6.

V. Constitution des clusters

V.1 Objectifs

Une fois le graphe d'interrelation entre les processus défini, il est alors possible de lui appliquer les méthodes de clusterisation afin de définir des regroupements entre ces processus. La clusterisation, c'est le regroupement d'individus évalués sur la base d'un tableau de distances (ou de dissimilarités) inter-individus en un petit nombre de classes homogènes. Ces clusters sont générés par des méthodes de clusterisation issues des théories mathématiques d'analyse de graphes qui permettent à partir de graphes de générer des regroupements.

L'information apportée par une clusterisation se situe au niveau sémantique : « il ne s'agit pas d'atteindre un résultat vrai ou faux, probable ou improbable, mais seulement profitable ou non profitable » [Williams 67]. L'objectif d'une méthode de clusterisation est de générer des regroupements inattendus, permettant de faire de nouvelles hypothèses apportant une valeur ajoutée pour les décideurs. Les classes obtenues et leurs imbrications proposent une vue concise et structurée des données.

V.2 Les méthodes de clusterisation

Il existe de nombreuses approches de clusterisation [Jain 99]. Elles se divisent principalement en deux catégories : les algorithmes de partitionnement de graphes (non-hiérarchiques) et les algorithmes de classifications hiérarchiques.

- Algorithmes de classification hiérarchique : créer une décomposition hiérarchique des objets selon des critères choisis

Les méthodes de clusterisation hiérarchique procèdent par fusion de petits regroupements en de plus grands regroupements de façon successive ou en divisant des ensembles. Les méthodes de cette approche diffèrent par leurs règles de fusion ou de séparation des ensembles. Les résultats de ces méthodes sont des arbres de clusters appelés dendrogrammes qui montrent la hiérarchie de regroupement.

- Algorithmes de partitionnement de graphes (non-hiérarchiques)

Le principe du partitionnement est de diviser un ensemble d'objets interconnectés en sous-ensembles ou *clusters* pour optimiser un objectif spécifié. Le principe de base de la méthode est la réallocation autour de centres mobiles ; par exemple, les méthodes des "K-means", K-medoids (K est le nombre de groupes fixés à l'avance), de « relocation ». Le but est d'identifier un certain nombre (K) de points représentatifs des clusters auxquels sont ensuite associés l'ensemble des autres points, selon leurs proximités avec les points représentatifs considérés. Ces méthodes fournissent un seul niveau de partitionnement des éléments. Les avantages sont la rapidité et la facilité de mise en œuvre ce qui permet de traiter de grandes bases de données. Les inconvénients de ces méthodes sont l'obligation de fixer *a priori* le nombre de regroupements. De plus, le résultat dépend fortement du choix des centres initiaux.

Il existe de nombreuses autres approches de clusterisation par partition (voir [Berkhin 02]) telles que les approches probabilistes (Classifieurs Bayésiens) qui prédisent la probabilité pour un élément d'appartenir aux classes formées, des approches autorisant un élément à appartenir à plusieurs classes (fuzzy C-means clustering), des approches basées sur la densité. Ces approches de clusterisation sont particulièrement utilisées dans le domaine du data mining pour faire de la classification automatique, c'est-à-dire construire des classes à partir de regroupements des éléments de proche en proche fondés sur leurs ressemblances

(distances). Le data mining s'intéresse aussi beaucoup à la construction de classes à partir de cas d'apprentissage (arbres de décision, approches statistiques, réseaux de neurones).

V.3 Le choix de la méthode

Plusieurs propriétés peuvent être associées aux différentes techniques de clustering :

- *Ascendant / descendant* :

Une méthode ascendante va démarrer avec autant de clusters que d'éléments à classer, puis va concaténer successivement les clusters jusqu'à ce qu'un critère d'arrêt soit satisfait. A l'inverse, une méthode descendante va démarrer avec un cluster réunissant tous les objets, puis va diviser les clusters jusqu'à ce qu'un critère d'arrêt soit satisfait.

- *Déterministe / stochastique* :

Avec les mêmes données en entrée, un algorithme déterministe exécutera toujours la même suite d'opérations, et fournira donc toujours le même résultat. A l'inverse, une méthode stochastique pourra donner des résultats différents pour des données en entrée identiques, car elle permet l'exécution d'opérations aléatoires. Les algorithmes stochastiques sont donc moins précis mais généralement moins coûteux. C'est pourquoi ils sont utilisés lorsqu'on a à faire face à de larges bases de données.

- *Incrémental / non-incrémental* :

Une méthode incrémentale va être exécutée de façon continue, et va intégrer les données au fur et à mesure de leur arrivée dans l'algorithme. A l'inverse, une méthode non-incrémentale va considérer l'ensemble des données fournies en entrée, et sera exécutée sur cet ensemble de données. Si, par la suite, une nouvelle donnée devait être fournie en entrée de l'algorithme, celui-ci devrait être relancé à nouveau.

- *Net / Flou* :

Comme indiqué précédemment, une méthode nette va associer à chaque objet un unique cluster, alors qu'une méthode floue va associer à chaque objet un degré d'appartenance à chaque cluster. A noter qu'un clustering flou peut être converti en net, en assignant chaque donnée au cluster dont la mesure d'appartenance est la plus forte.

L'objectif de notre méthode est d'obtenir des regroupements de processus distincts représentant des unités de gestion de l'évolution pour un ensemble de processus donné. Cet objectif préconise l'utilisation d'une méthode nette, non-incrémentale et déterministe.

De plus, les étapes précédentes ont permis de construire des mesures élémentaires sur trois critères (donnée, ressource, acteur). Ces trois approches seront appréhendées de façon distincte ou dans une mesure agrégée et ne constitueront donc qu'un seul et unique lien entre les nœuds de chaque graphe. Dans notre cas, la mesure d'interdépendance est une **mesure de distance** agrégée (c'est-à-dire un **critère unique** ; deux nœuds du graphe ne sont reliés que par un seul arc) et **non-orientée**.

La taille des données que nous avons à traiter reste relativement faible (même dans le cas d'une centaine de processus) vis-à-vis d'algorithmes spécifiques dédiés au traitement de milliers d'éléments.

L'ensemble de ces critères oriente le choix vers les **méthodes de classification**.

V.4 La classification hiérarchique

Les techniques de classification (qui sont une branche de l'analyse de données) sont destinées à produire des groupements à partir d'un ensemble de données. Il s'agit le plus souvent d'objets ou d'individus décrits par un certain nombre de variables ou de critères. Les ouvrages spécialisés dans ces méthodes sont [Benzecri 73] et [Sokal 63].

On désigne par éléments à la fois les individus ou objets à classer et les regroupements d'individus générés par l'algorithme [Berkhin 02]. L'algorithme ne fournit pas une seule partition en classes d'un ensemble d'objets mais une hiérarchie de partitions, se présentant sous la forme d'arbres appelés également dendrogrammes. Chaque niveau de l'arbre fournit une partition, ayant d'autant moins de classes et des classes d'autant moins homogènes que l'on coupe près de la racine.

Les techniques de classification font appel pour l'essentiel à une démarche algorithmique. Il existe plusieurs familles d'algorithmes de classification [Lebart 97] :

- Les algorithmes ascendants (ou encore agglomératifs) qui procèdent à la construction des classes par agglomérations successives des objets deux à deux, et qui fournissent une hiérarchie de partitions des objets ;

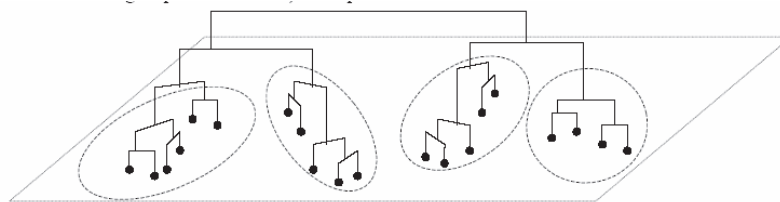


figure V.48 : Méthode de classification hiérarchique ascendante

- Les algorithmes descendants (ou encore divisifs) qui procèdent par dichotomies progressives de l'ensemble des objets, et qui fournissent aussi une hiérarchie de partitions.



figure V.49 : Méthode de classification hiérarchique descendante

V.4.1 Les applications de la classification

Les domaines d'applications possibles qui utilisent les méthodes de classification pour identifier, dans une base de données, les sous-populations ayant des caractéristiques proches, et qui vont utiliser cette information pour adapter leur comportement en fonction de la population concernée sont :

- L'identification de sous-populations
- La compréhension des comportements généraux de chaque sous-population pour mieux cibler les attentes/besoins
- Le marketing : CRM (Gestion de la Relation Client) : grande distribution, banques, assurances, énergie, télécoms, transports, médias, mailings, navigateurs web,...

- La classification de documents / indexation automatique : journaux on-line, navigateurs web, forums,...

V.4.2 Commentaires sur les méthodes de clusterisation

La difficulté de ces méthodes de classification hiérarchique est la nécessité de connaître les distances⁷ deux à deux des éléments à classer pour construire une partition ou une suite de partitions emboîtées. Dans notre cas, l'étude des interdépendances entre les processus nous permet de définir un graphe où tous les arcs sont évalués par des mesures de distance.

Trois problèmes sont liés à ces méthodes :

- La complexité des algorithmes est quadratique,
- Elles ne peuvent jamais défaire ce qu'elles ont déjà fait auparavant, c'est-à-dire que les regroupements se construisent au fur et à mesure de l'algorithme sans remise en cause des étapes précédentes,
- Elles souffrent de l'effet de chaîne : des clusters proches mais distincts peuvent être concaténés s'il existe une chaîne de points qui les relie.

Dans notre cas, le nombre de nœuds (processus) constituant le graphe ne présente pas un frein pour la complexité de l'algorithme. L'effet de chaîne peut par contre se révéler handicapant car il engendrerait des clusters dans lesquels les processus ne constitueraient pas un ensemble cohérent vis-à-vis de l'évolution. Cet effet de chaîne peut être limité par l'utilisation d'un critère d'agrégation pertinent.

Par contre, la simplicité et la rapidité de mise en œuvre de ces méthodes offrent à leurs utilisateurs des algorithmes efficaces et peu consommateurs d'énergie. Leur plus grand avantage est qu'elles ne nécessitent pas de fixer le nombre de regroupements à l'avance, ce qui est une contrainte forte dans l'utilisation des méthodes de partitionnement.

La classification hiérarchique permet de faire appel à deux techniques : ascendante et descendante. La classification descendante est beaucoup moins populaire. En théorie, la première étape d'une méthode descendante doit comparer les $2^{N-1} - 1$ partitions possibles des N vecteurs formés, en deux classes. Cette approche est donc nettement plus consommatrice de temps que l'approche ascendante. Nous opterons donc pour l'utilisation d'un algorithme de classification hiérarchique ascendante.

V.5 La classification hiérarchique ascendante

La classification hiérarchique ascendante (ou dite agglomérative) produit un ensemble de partitions P_{n-1}, P_2, P_1 des n éléments à classer. La première partition P_n est un ensemble de n regroupements constitués chacun d'un élément ; P_1 est une partition qui regroupe l'ensemble des éléments. A chaque étape, l'algorithme assemble les deux clusters les plus proches (ou les plus similaires). Les différences entre les méthodes se trouvent dans les différentes manières de calculer la distance (ou la similarité) entre les regroupements.

⁷ Il peut s'agir d'une simple mesure de dissimilarité. Dans ce cas l'inégalité triangulaire $d(x, y) \leq d(x, z) + d(z, y)$ n'est pas exigée.

V.5.1 Principe de l'algorithme d'après [Lebart 1997]

Etape 1 :	n éléments à classer (qui sont les n processus) ;
Etape 2 :	Construction de la matrice des distances entre les n éléments et recherche des deux éléments les plus proches qui sont agrégés en un élément. La première partition à $n-1$ classes est obtenue ;
Etape 3 :	Construction d'une nouvelle matrice des distances. Calcul des distances entre le nouvel élément et les éléments restants (les autres distances restent inchangées). Retour à l'étape 1, mais avec $n-1$ éléments à classer et en ayant choisi un critère d'agrégation. Recherche des deux nouveaux éléments les plus proches qui sont agrégés. La deuxième partition avec $n-2$ classes est obtenue et englobe la première ;
Etape m :	Calcul des nouvelles distances et le processus est réitéré jusqu'à n'avoir plus qu'un seul élément regroupant tous les objets et qui constitue la dernière partition.

V.5.2 Le critère d'agrégation

Le tableau de données initial contient les distances entre les éléments à classer. Il convient de se demander sur quelle base s'effectue le calcul de la distance entre un regroupement et un élément ou entre deux regroupements. Les règles de calcul des distances entre des regroupements disjoints d'éléments s'appellent les *critères d'agrégation*.

La "distance" d entre deux regroupements h et h' peut être définie de nombreuses manières à partir d'une mesure de dissimilarité d .

- Le critère du lien minimum

Le critère du lien minimum (ou "*single linkage*", lien simple, lien du saut minimum, ou du plus proche voisin) définit la distance entre deux parties par :

$$D(h, h') = \min [d(x, y) / x \in h \text{ et } y \in h']$$

A chaque pas de l'algorithme, les deux regroupements possédant les deux éléments les plus proches sont réunis.

- Le critère du lien maximum ("*complete linkage*" ou agrégation par le diamètre) :

$$D(h, h') = \max [d(x, y) / x \in h \text{ et } y \in h']$$

A chaque pas de l'algorithme, les distances entre les regroupements sont calculées en fonction de leurs deux éléments les plus éloignés.

- Le critère de la distance moyenne ("*group average*", *average linkage*, le lien moyen ou lien d'agrégation UPGMA (*Unweighted Pair Group Method of Agregation*)) définit la distance entre deux parties par :

$$D(h, h') = \frac{\sum_{i=1}^{n_h} \sum_{j=1}^{n_{h'}} d(x_i, x_j)}{n_h \cdot n_{h'}} = \text{moy}[d(x, y) / x \in h \text{ et } y \in h']$$

A chaque pas de l'algorithme, les distances entre les regroupements sont calculées en fonction de la moyenne des distances entre les éléments de chaque processus.

- Le critère de Ward

Nous utiliserons le critère de Ward [Ward 63] qui se base sur l'augmentation de l'inertie. Deux groupes sont agrégés de sorte que l'augmentation de l'inertie intraclasse soit la plus petite possible, afin que les classes restent homogènes.

n objets (ou individus) sont à classer dans un espace à p dimensions. Chaque point x_i (vecteur à p composantes) est muni d'une masse m_i , on note la masse totale d'un cluster :

$$m = \sum_1^n m_i . \text{ L'inertie totale du cluster } I = \sum m_i |x_i - g|^2 \text{ où } g \text{ est le centre de gravité du cluster :}$$

$$g = \frac{1}{m} \sum_1^n m_i x_i . \text{ S'il existe une partition de l'ensemble des éléments en } s \text{ classes, la } q^{\text{ième}}$$

classe a pour masse $m_q = \sum_1^{n_q} m_i$ et pour centre de gravité $g_q = \frac{1}{m_q} \sum_1^{n_q} m_i x_i$. La décomposition

de la quantité d'inertie I en inertie intra-classes et interclasses se fait suivant

$$I = \sum_{q=1}^s m_q |g_q - g|^2 + \sum_{q=1}^s \sum_{i=1}^{n_q} m_q |g_q - g|^2 .$$

Le critère revient à minimiser l'inertie intra-classes $I_{\text{intra}} = \sum_{q=1}^s \sum_{i=1}^{n_q} m_q |g_q - g|^2$ ou maximiser

$$\text{l'inertie interclasse } I_{\text{inter}} = \sum_{q=1}^s m_q |g_q - g|^2 + \sum_{q=1}^s \sum_{i=1}^{n_q} m_q |g_q - g|^2$$

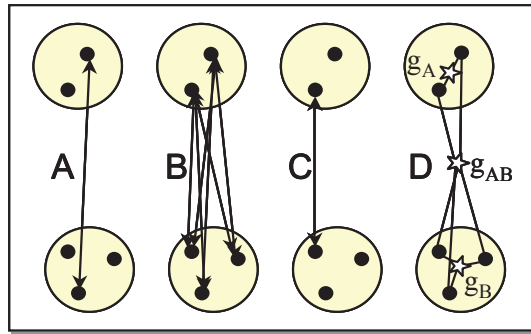


figure V.50 : Le critère d'agrégation.

A - Lien maximum. B - Lien moyen. C - Lien minimum. D - Critère de Ward.

Ce ne sont pas les seules possibilités. Les trois premières méthodes sont caractérisées par une distance entre deux parties clairement connue avant toute opération dès qu'est connue la distance entre les éléments de départ. Ainsi, rajouter aux données de départ un point supplémentaire ou une partie supplémentaire ne changera pas ces distances.

L'une des remarques que l'on peut faire est que les différentes méthodes de classification hiérarchique ascendante donnent des arbres qui peuvent avoir des formes très différentes. La méthode du saut minimum conduit en général à des arbres très aplatis, avec accrochages successifs des objets un à un, ce qui conduit à la formation de chaînes. En effet, la distance du saut minimum tend à agréger un point à un groupe existant plutôt qu'à donner naissance à un nouveau groupe. La méthode du lien maximum a au contraire tendance à former des arbres très écartés, avec formation de groupes isolés et des groupes très compacts. La méthode de

Ward, elle, tend à produire des classes sphériques et de mêmes effectifs mais elle reste la méthode la plus utilisée

Dans le cas général, la méthode du critère de Ward convient le mieux. Seule l'expérimentation des différentes méthodes permet de mettre en évidence la plus pertinente pour un problème donné.

V.5.3 Les troncatures

Une bonne méthode de regroupement permet de garantir une grande similarité intra-groupe et une faible similarité intergroupes. La qualité d'un regroupement dépend donc de la mesure de similarité utilisée par la méthode et de son implémentation.

Le dendrogramme fournit un ensemble de coupes possibles pour définir les regroupements des entités. Chaque niveau de coupe est égal à la perte d'inertie résultant des deux classes réunies, il convient donc de trouver la coupe de l'arbre au niveau de perte d'inertie maximale. La figure V.51 présente le dendrogramme obtenu à partir de l'exemple présenté dans le paragraphe IV.1 en utilisant la méthode de Ward.

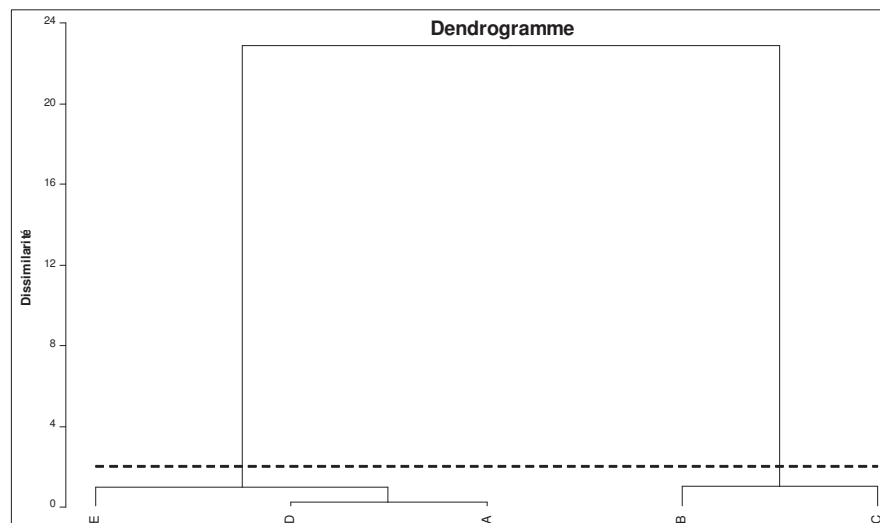


figure V.51 : Dendrogramme et troncature avec le critère de Ward

V.6 Les cartes de cluster

Comme nous l'avons vu dans le paragraphe II.2, un algorithme de classification hiérarchique est appliqué aux graphes de dépendances entre les processus. Le résultat obtenu est des cartes de clusters de processus. Ces clusters sont des regroupements de processus fortement dépendants.

L'objectif de la démarche de clusterisation est d'analyser les processus de l'entreprise ou d'un domaine de l'entreprise sous la contrainte de leurs liens de dépendance. L'utilisation de la clusterisation apporte une vision originale des données recueillies dans les modèles d'entreprise. La figure V.52 présente le résultat de la clusterisation sur le cas d'école.

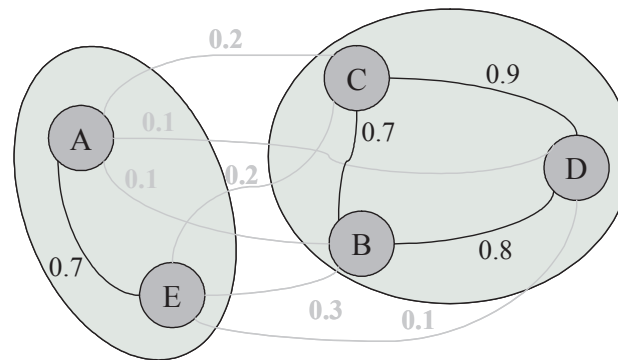


figure V.52 : Carte des dépendances Acteur

Comme nous l'avons vu dans les paragraphes précédents, les processus peuvent avoir des dépendances de types différents. Chacune de ces dépendances (acteur, information, ressource) entre les processus peut faire l'objet d'une analyse de clusterisation et ainsi fournir une carte de clusters (figure V.52). Dans une approche complémentaire, toutes les dépendances décrites dans le paragraphe IV peuvent être agrégées pour créer une carte générale intégrant toutes les dépendances entre les processus de l'entreprise.

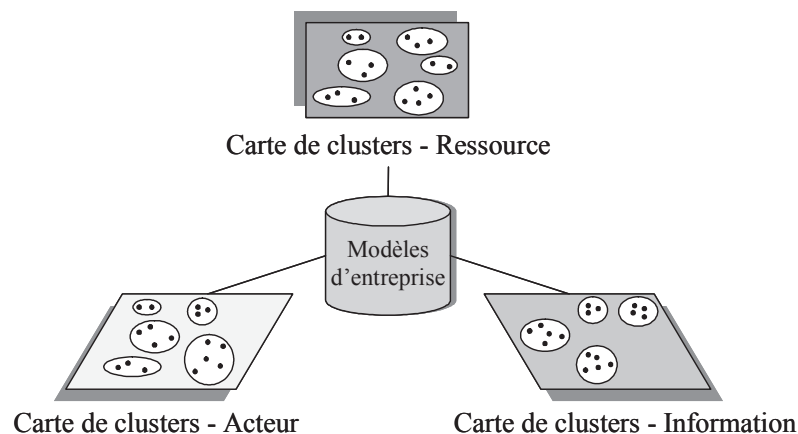


figure V.53 : Les cartes de clusters

L'étude permet donc d'obtenir quatre cartes différentes d'un système, existant ou cible. Ces cartes seront utilisées en fonction de l'angle avec lequel les managers souhaitent étudier le système. Chacune de ces cartes peut être ensuite utilisée dans les deux approches d'urbanisme prospectif et de projet de la méthodologie d'urbanisme organisationnel. Ces cartes pourront être comparées entre elles pour faire ressortir les différences de cohérence interne en fonction des dépendances mises en œuvre.

VI. Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons présenté la méthode de clusterisation des processus. Basée sur la description des processus de l'entreprise et de leurs environnements, l'analyse du système d'information est mise en œuvre à partir de l'étude des dépendances entre les processus suivant une perspective structurelle. L'analyse structurelle du système d'information repose sur la définition en trois dimensions des dépendances entre les processus : les ressources, les acteurs et les informations. L'analyse décrite dans ce chapitre a pour objectif de fournir une aide aux activités de gestion de l'évolution en fournissant des cartes de clusters de processus offrant un nouvel angle de vue sur le système d'information.

Les formules proposées offrent la flexibilité de se paramétrer en fonction du type d'entreprises étudiées et des types de besoins d'évolutions. Chaque application de la méthode doit subir un réglage final pour coller à la structure de l'entreprise et à la description du problème, comme dans l'étude de cas proposée au chapitre VII.

Les différentes cartes ainsi obtenues offrent de nombreuses possibilités de diagnostics de dépendances inhérentes au système d'information. Elles proposent un panel d'aides à la décision qui sont développées dans le chapitre qui suit et que les managers de l'entreprise pourront utiliser suivant leurs besoins.

Chapitre VI

Diagnostic du Système d'Information par les cartes de clusters

I. Introduction

En utilisant cette approche par regroupements des processus d'entreprise (clusters), des cartes de processus ont été élaborées selon les différents critères de dépendance (acteur, ressource et information) décrits dans le chapitre précédent.

Les différentes cartes de dépendances générées fournissent des outils aux managers pour une analyse synthétique des forces et des faiblesses, et des orientations possibles du système d'information. Elles mettent en évidence les interactions entre les processus en fonction des différentes dépendances. Ces dépendances sont vues comme des contraintes pour l'évolution. Les regroupements mettent en lumière les processus dont l'interdépendance doit être prise en compte pour assurer une gestion de l'évolution cohérente et maîtrisée. Cette gestion se fait:

- Lors de l'état des lieux et du diagnostic de l'existant, à travers la mise en évidence des forces et des faiblesses, mais aussi des entités fortement couplées du système.
- Lors d'une évolution spécifique, pour l'analyse des solutions alternatives. Des critères structurels liés à la construction des clusters permettent de caractériser le système et d'évaluer sa flexibilité selon les solutions envisagées.
- Lors de la mise en oeuvre d'une évolution, afin d'assurer la cohérence et l'intégration de la solution dans l'existant.

Dans une vision idéale, l'objectif est d'obtenir un système à la fois stable et flexible vis-à-vis des évolutions. La stabilité montre la capacité d'un système à intégrer des modifications tout en conservant ses propriétés d'origine, alors que la flexibilité représente la capacité à évoluer rapidement et à s'adapter aisément à l'environnement. Les cartes proposées permettent de construire des outils fournissant des indicateurs liés à ces contraintes.

Dans une première partie, nous nous intéresserons aux diagnostics liés aux différentes cartes de dépendances et à la constitution des clusters. Le premier diagnostic s'intéressera à la qualité des cartes générées et aux informations structurelles qu'elles peuvent apporter sur l'évolution d'un système. Le deuxième diagnostic s'intéresse au calcul de l'effort à fournir pour transformer l'état d'un système vers un autre état. Le troisième diagnostic s'intéressera à la comparaison des différentes dimensions (acteur, ressource, information) du système d'information, basées sur les trois composantes de la dépendance.

Une deuxième partie orientera le diagnostic sur les caractéristiques des processus qui constituent les clusters. Deux points seront abordés, la maturité des clusters et leurs apports stratégiques. Ces deux approches montrent les utilisations opérationnelles envisageables pour ces cartes de clusters.

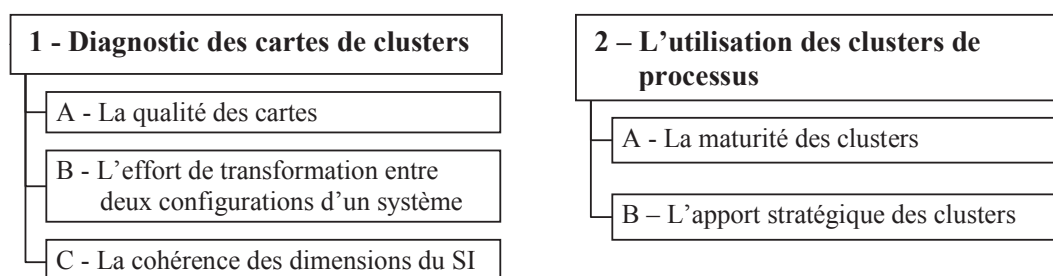


figure VI.54 : Plan du chapitre VI

II. Le diagnostic des cartes de clusters

Dans le chapitre précédent, nous nous sommes attachés à mettre en évidence les dépendances existantes entre les processus de l'entreprise, afin de constituer des regroupements pertinents pour la gestion de l'évolution. Ces regroupements, outre la représentation et la quantification de la structuration des dépendances entre les processus, vont nous permettre de développer différents diagnostics :

- Dans une vision globale du système, les clusters de processus représentent des ensembles cohérents pour mettre en place des évolutions. Un premier niveau de diagnostic permettra d'analyser la structure de ces clusters en fonction des évolutions possibles.
- Les cartes de processus fournissent des informations de dépendances selon plusieurs dimensions. Elles se combinent pour former le système d'information, et leur imbrication doit garantir la cohérence de celui-ci. Notre second diagnostic sera la mesure de cette cohérence.

Dans cette première partie, nous nous intéresserons au diagnostic des cartes en nous appuyant sur les types de dépendances qui ont permis la construction des clusters. L'objectif est de définir des analyses basées sur des indicateurs, ou sur une typologie de configurations qui constitueront pour les managers des sources d'information permettant une meilleure compréhension des impacts d'une évolution au sein du système d'information.

L'analyse des dépendances caractéristiques de l'entreprise liées aux processus nous a permis de distinguer trois types de dépendances : acteur, ressource, information. La clusterisation des processus à partir de ces dépendances permet donc de générer trois types de cartes de clusters de processus, une pour chacune des dépendances. Ces cartes sont initialement le reflet de l'état actuel du système d'information. Elles peuvent être agrégées en prenant en compte des hypothèses d'évolution pour une vision cible du système d'information. Elles donneront alors une visibilité sur les nouvelles dépendances entre les processus.

Afin de mieux comprendre les différences entre tous ces types de cartes, nous allons développer deux types de comparaisons entre elles :

- La comparaison de deux cartes conçues à partir d'un même type de dépendance. Une carte représentant un système peut être comparé à une autre carte représentant un état cible, ou à un système d'information comparable. Par exemple, le site A d'une entreprise peut être comparé au site B de cette même entreprise au regard des dépendances de type informationnel. Cette comparaison sera approfondie dans les paragraphes suivants au travers des indicateurs de qualité des cartes (II.1) et de l'évaluation de l'effort de transformation entre deux cartes (§ II.2).
- La comparaison de trois cartes représentant les différentes facettes de la dépendance d'un système (§ II.3). L'objectif de cette comparaison est la mise en évidence et l'interprétation des différences et des similitudes entre les dépendances régissant un système.

II.1 Le diagnostic lié à la qualité des cartes

Le diagnostic lié à la qualité des cartes de clusters se base sur la définition d'indicateurs caractérisant la structure des clusters. Nous allons utiliser trois indicateurs dits de qualité: le degré de découplage des clusters, le degré de cohésion interne des clusters et le nombre de clusters dans une carte. Ces indicateurs permettent dans un premier temps de juger de la qualité de la clusterisation (en effet, l'algorithme définira invariablement des regroupements de processus à partir des dépendances entre les processus). Ces indicateurs permettront aussi de caractériser l'évolution des dépendances entre deux états d'un même système.

II.1.1 Le degré de découplage

Le degré de découplage, noté D_{inter} , représente la distance moyenne entre les clusters de la carte, soit la dépendance moyenne entre les clusters de processus. $d_{inter}(k_1, k_2)$ représente le degré de découplage entre deux clusters :

$$d_{inter}(k_1, k_2) = \frac{\sum_{i=1}^{n_{k_1}} \sum_{j=1}^{n_{k_2}} D(p_i, p_j)}{n_{k_1} \cdot n_{k_2}}$$

Où p_i est le processus du cluster k_1 (comprenant n_{k_1} processus) comparé au processus p_j du cluster k_2 (comprenant n_{k_2} processus) et $D(p_i, p_j)$ correspond à la dépendance entre le processus p_i du cluster k_1 et le processus p_j du cluster K_2 (telle que nous l'avons définie dans le chapitre V, paragraphe IV, soit D_{RE} , D_A , D_D).

Le degré de découplage moyen, D_{inter} , correspond à la moyenne des degrés de découplage entre les couples de processus :

$$D_{inter} = \frac{\sum_{j=1}^{nb} \sum_{i=1}^{nb} d_{inter}(k_i, k_j)}{nb * (nb - 1)} \text{ où } nb \text{ est le nombre de cluster}$$

II.1.2 Le degré de cohésion interne

Le degré de cohésion interne représente la distance moyenne entre les éléments d'un même cluster (soit la dépendance moyenne entre les processus d'un même cluster de la carte).

L'une des mesures utilisées le plus classiquement pour évaluer la cohésion interne d'un cluster D_k est le diamètre, distance moyenne entre paires de membres du cluster [Candillier 04] :

$$D_k = \frac{\sum_{i=1}^{n_k} \sum_{j=1}^{n_k} (1 - D(p_i, p_j))}{n_k (n_k - 1)}$$

Où p_i et p_j sont les processus comparés appartenant au cluster k , n_k est le nombre de processus dans le cluster k et $D(p_i, p_j)$ correspond à la dépendance entre le processus p_i et le processus p_j du cluster k (telle que nous l'avons définie dans le chapitre V, paragraphe IV, soit D_{RE} , D_A , D_D).

Cette mesure nous donne la valeur du diamètre pour un cluster. Le degré de cohésion interne de la carte des clusters est donné par la moyenne pondérée du diamètre des clusters :

$$D_{intera} = \frac{\sum_{k=1}^K n_k D_k}{\sum_{k=1}^K n_k}$$

Où K est le nombre de clusters dans la carte ou la portion de carte analysée et n_k le nombre de processus dans le cluster k .

II.1.3 Le nombre de clusters

Le dernier indicateur de qualité des cartes de clusters est le nombre de clusters dans la carte que nous nommerons *Nb*.

II.1.4 Le diagnostic

Les indicateurs que nous avons présentés dans les paragraphes précédents caractérisent l'état d'une carte de clusters. Chacun des indicateurs définis peut être utilisé pour tous les types de cartes, c'est-à-dire quel que soit le type de dépendance étudiée.

L'objectif de ces indicateurs n'est pas de caractériser les cartes de clusters dans l'absolu, c'est-à-dire de fournir des indicateurs indiquant un état précis du système d'information. Leur objectif est de mettre en évidence l'évolution des caractéristiques du système lors d'une transition d'un état à l'autre. Notre approche est donc de mettre en évidence l'évolution de ces indicateurs entre deux cartes afin d'analyser l'orientation du système. Le diagnostic se basera donc sur la comparaison de cartes de deux systèmes, basées sur des dépendances identiques, afin de faire apparaître l'évolution des indicateurs de qualité des cartes de clusters.

Dans les tableaux des pages suivantes, nous nous intéresserons uniquement à l'évolution de ces indicateurs, et donc à la tendance qui émerge de la comparaison entre deux cartes sans prendre en compte la quantification de cette évolution. Dans chacun des tableaux, l'interprétation de l'indicateur est liée aux types de dépendances évaluées. En effet, chaque carte, en fonction de la dépendance utilisée, reflète une composante particulière du système d'information.

Interprétation du degré de découplage

Le degré de découplage représente les interactions existantes entre les clusters de processus formés. Dans l'absolu, si les clusters de processus étaient complètement indépendants, ce degré de découplage aurait une valeur de 1 (1 représentant la distance maximale possible entre deux clusters). A l'inverse, un degré de découplage très faible (soit une distance très faible entre les clusters), souligne le peu de pertinence du découpage des clusters qui sont en fait fortement dépendants. L'évolution de cet indicateur nous montre donc l'évolution du découplage entre les clusters. Dans le tableau suivant, nous montrons l'interprétation de l'évolution de cet indicateur entre deux cartes de clusters.

	Degré de découplage - D_{Inter} (Degré de découplage entre les clusters d'une carte)	
Evolution	↗	↘
Général	Diminution du couplage entre les clusters	Augmentation du couplage entre les clusters
Information	Informations de plus en plus découplées entre les clusters	Informations de plus en plus partagées entre les clusters
Acteur	Orientation vers une organisation plus décentralisée	Orientation vers une organisation plus centralisée
Ressource	Les applications sont d'avantage dédiées à chaque cluster	Applications de plus en plus partagées entre les clusters

tableau VI.5 : Interprétation de l'évolution du degré de découplage

Interprétation du degré de cohésion interne

Le degré de cohésion interne représente la force des dépendances qui lient les processus d'un même cluster. Si les processus d'un même cluster sont très fortement couplés, le degré de cohésion interne tendra vers 0 (0 représentant une distance nulle entre les processus et donc une forte dépendance). A l'inverse, un degré de cohésion qui tend vers 1 indique que la distance est grande entre les processus d'un même cluster (et donc que leur interdépendance est faible). Dans ce cas, comme pour un degré de découplage faible, la clusterisation est peu pertinente et difficilement interprétable. Dans le tableau suivant, nous montrons l'interprétation de l'évolution de cet indicateur entre deux cartes de clusters.

	Degré de cohésion – D_{Intra} (degré de cohésion moyen dans les clusters d'une carte)	
Evolution	↗	↘
Général	Augmentation de la dépendance moyenne entre les processus d'un même cluster	Diminution de la dépendance moyenne entre les processus d'un même cluster
Information	Les processus sont de plus en plus dépendants pour le partage d'information	Diminution de l'information échangée entre les processus d'un même cluster
Acteur	Les acteurs sont de plus en plus organisés par cluster.	Les acteurs ont des compétences de plus en plus diversifiées dans une même organisation
Ressource	Les applications sont de plus en plus structurées autour des processus d'un même cluster	Les applications sont de moins en moins ciblées autour des processus d'un même cluster

tableau VI.6 : Interprétation de l'évolution du degré de cohésion

Interprétation du nombre de clusters

Le nombre de clusters n'est pas interprétable dans l'absolu. En effet, quelque soit le nombre de clusters identifiés dans l'entreprise, l'essentiel est qu'ils représentent des ensembles cohérents de processus à mettre en avant dans l'organisation et dans la gestion de l'évolution. En revanche, appliqué à la transition entre deux états d'un système, cet indicateur est le reflet de l'évolution du nombre d'unités de gestion entre deux systèmes.

Dans le cas d'une forte évolution du nombre de clusters, cela implique une modification de l'organisation, si celle-ci prend en compte ces unités de gestion. Le choix de cette évolution doit alors faire partie d'une stratégie de l'entreprise, puisqu'elle entraîne une importante modification de l'organisation.

Interprétation conjointe des indicateurs de qualité

La démarche fournit donc des résultats sur les trois dimensions de la dépendance et sur les trois indicateurs (soit au total 7 résultats d'évolution). L'interprétation conjointe de l'ensemble des résultats est extrêmement complexe. En revanche, ces trois indicateurs sur une seule dimension donnent des points de vue complémentaires sur le changement. Par exemple, l'évolution d'un système peut engendrer une augmentation du degré de découplage, une augmentation du degré de cohésion et une augmentation du nombre de clusters. Par la

création d'un nouveau cluster et donc d'une nouvelle unité de gestion, les clusters créés sont plus denses... Était-ce l'objectif de l'évolution au regard de l'organisation du système d'information ?

En effet, comme nous l'avons vu dans les paragraphes précédents, l'interprétation de ces indicateurs est liée au type de carte concerné. En revanche, elle ne représente qu'un premier niveau d'analyse. Ce premier niveau d'analyse a pour objectif de mettre en avant les impacts de changements sur la structure des cartes de clusters. Les indicateurs montrent comment la structure de la carte va évoluer en fonction des orientations choisies dans les projets. Cette évolution de la structure doit être en ligne avec les stratégies d'évolution mises en œuvre dans le système. Ensuite, l'interprétation finale est laissée aux acteurs du projet, l'objectif étant que l'évolution des indicateurs corresponde aux objectifs du projet. Cette interprétation finale se fera par une analyse en détail de la construction des cartes de clusters pour identifier les raisons de l'évolution des indicateurs dans un sens ou dans un autre.

L'interprétation ne sera pertinente que si l'étude de ces indicateurs se limite à la portion de carte touchée par les évolutions. En effet, dans ce cas, les résultats ne seront pas lissés par les données issues du reste de la carte qui reste stable.

II.2 Comparaison de cartes de dépendances de types identiques – l'effort de transformation

Les indicateurs caractérisant la qualité des cartes s'intéressent à l'évolution des dépendances qui lient les processus, mais pas à l'effort à fournir pour faire évoluer ces dépendances. Pourtant, en plus de l'identification d'une modification de la dépendance, son évaluation fournit une indication sur la difficulté à introduire l'évolution dans le système d'information. Ainsi le choix d'une évolution ciblée et risquée pour des organisations concernées ne présente pas les mêmes caractéristiques en terme d'organisation projet que le choix d'une évolution adressant de nombreuses organisations mais de façon superficielle pour elles.

Pour adresser cette problématique, deux cartes de type de dépendance identique (acteur, ressource, information) seront analysées. Cette approche permet entre autre de comparer :

- Des cartes de différents sites d'une entreprise. Les sites d'une même société peuvent avoir implémenté leurs processus de façons différentes, dans des organisations et des systèmes informatiques sensiblement différents.
- Des cartes réelles avec des cartes cibles. Par exemple, dans le cas de la gestion de l'évolution et notamment selon l'approche de l'urbanisme organisationnel des systèmes d'information, il est nécessaire de définir un système cible qui représente l'objectif à atteindre. Ce système cible doit pouvoir être comparé à l'état existant.
- Des cartes d'une entreprise avec une autre entreprise, comme par exemple, lors de benchmarks avec une entreprise dont les résultats sont reconnus sur le marché.

Une information essentielle dans les exemples cités ci-dessus est de connaître la quantification des modifications du système d'information, que nous nommerons l'effort de transformation, permettant de passer de l'état actuel vers un état qui sera défini comme une cible potentielle. Cet effort dépendra des différences existantes entre les deux configurations du système et des couplages qui existent au travers de ces dépendances. Dans cette partie, nous allons donc développer le calcul de l'effort de transformation entre deux états d'un système.

L'objectif est de calculer la distance entre deux cartes de clusters de processus au regard du même type de dépendance. La démarche est décrite dans la figure VI.55. Pour cela, la première étape est d'identifier les écarts entre deux systèmes différents. L'effort de transformation entre deux configurations d'un système se basera dans notre cas sur l'identification des écarts entre les deux cartes et à la quantification de ces écarts. La quantification de ces écarts se basera sur les dépendances entre les processus calculées dans le chapitre V, paragraphe IV. La démarche que nous allons mettre en œuvre est la suivante :

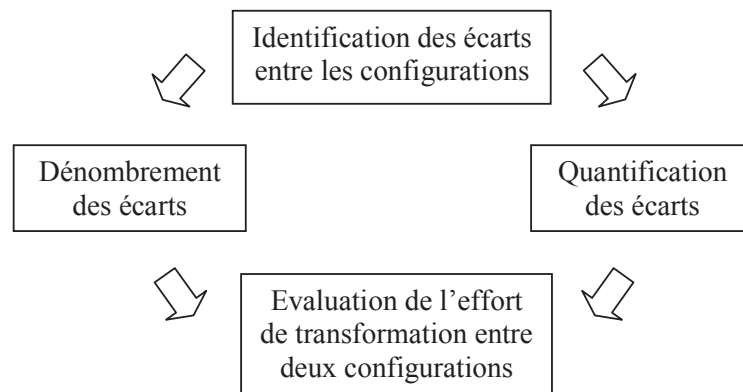


figure VI.55 : Démarche de calcul de l'effort de transformation

Dans les paragraphes qui suivent, nous allons détailler la démarche en s'appuyant sur l'exemple introduit dans le chapitre V. Les tableaux suivants représentent les matrices de dépendance. Celle de gauche reprend l'exemple tel qu'il a été défini dans la chapitre V, alors que la matrice de droite fournit les dépendances une fois une évolution introduite. La figure VI.56 présente les cartes des clusters associées aux matrices de dépendances.

Configuration initiale						Configuration finale					
	A	B	C	D	E		A	B	C	D	E
A	1	0.1	0.1	0.2	0.7	A	1	0.2	0.1	0.8	0.7
B	0.1	1	0.7	0.8	0.3	B	0.2	1	0.8	0.1	0.3
C	0.1	0.7	1	0.9	0.2	C	0.1	0.8	1	0.2	0.2
D	0.2	0.8	0.9	1	0.1	D	0.8	0.1	0.2	1	0.5
E	0.7	0.3	0.2	0.1	1	E	0.7	0.3	0.2	0.5	1

tableau VI.7 : Matrices de dépendances initiale et finale du système

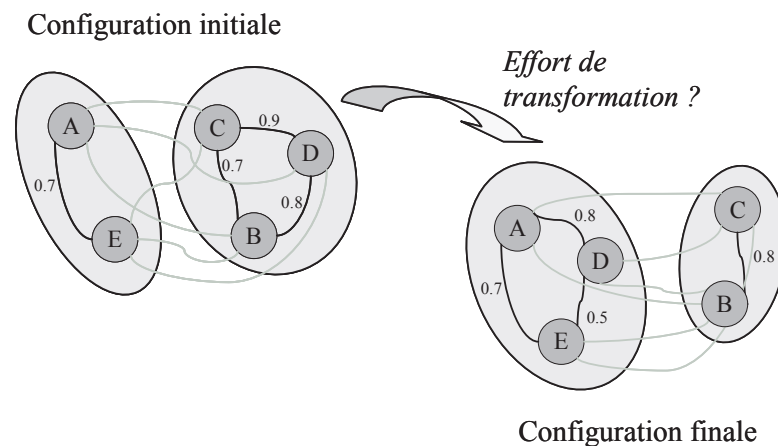


figure VI.56 : Exemple d'introduction d'une évolution dans une carte de clusters

Dans l'exemple présenté ci-dessus, l'objectif est donc de définir la distance pour passer de la configuration initiale à la configuration finale.

- *Identification des écarts*

Chacune des cartes est représentée par une matrice qui identifie les processus regroupés en clusters. L'analyse de chaque carte se fait de la façon suivante : deux processus qui appartiennent au même cluster prennent la valeur 1, s'ils appartiennent à deux clusters différents, la valeur est de zéro.

Pour l'exemple précédent, cela donne (avec C_1 la matrice de la configuration initiale et C_2 la matrice de la configuration finale) :

$C_1 =$		A	B	C	D	E
	A	1	0	0	0	1
	B	0	1	1	1	0
	C	0	1	1	1	0
	D	0	1	1	1	0
	E	1	0	0	0	1

$C_2 =$		A	B	C	D	E
	A	1	0	0	1	1
	B	0	1	1	0	0
	C	0	1	1	0	0
	D	1	0	0	1	1
	E	1	0	0	1	1

A partir des deux matrices représentant les cartes de clusters, nous calculons la différence en valeur absolue entre la matrice C_1 et la matrice C_2 , ce qui donne :

$C_{\text{écart}} = |C_2 - C_1|$ soit dans le cas présenté :

	A	B	C	D	E
A	0	0	0	1	0
B	0	0	0	1	0
C	0	0	0	1	0
D	1	1	1	0	1
E	0	0	0	1	0

Cette matrice identifie le nombre de liens qui ont été modifiés par le passage d'une configuration à l'autre. Etant donné que le lien entre les processus n'est pas orienté, la matrice que nous obtenons est symétrique. Dans l'exemple introduit, nous nous apercevons que seul le processus D introduit des modifications dans la carte des clusters, malgré la modification de plusieurs liens de dépendances entre les deux cartes.

Cette première étape nous fournit un premier indicateur sur la quantité de liens constituant des clusters modifiés entre deux cartes :

$$Etendue = \frac{nb \text{ liens modifiés}}{nb \text{ de liens}}$$

Dans l'exemple proposé, nous avons donc $l'Etendue = 8/20 = 0.4$. Le nombre de liens équivaut à 20 car ne sont comptés que les liens modifiables. En effet, les liens rebouclant sur le même processus, par exemple A-A, ne sont pas modifiables.

Cet indicateur nous permet d'identifier le nombre de liens qui sont modifiés dans la cartographie. Il représente donc l'étendue de la propagation d'une évolution au sein des regroupements des processus en clusters.

- *Quantification des écarts*

La quantification des écarts s'intéresse à l'évaluation de *l'amplitude* de l'évolution. L'amplitude d'une évolution correspond à l'importance des modifications sur les processus touchés.

Les principales modifications des dépendances dans le système d'information se traduisent par la reconfiguration des clusters de processus. Ainsi, pour chacun des écarts identifiés dans l'étape précédente, nous avons calculé l'importance des écarts introduits. Pour cela, cet indicateur se base sur l'évaluation des dépendances effectué préalablement dans la phase de clusterisation des processus (voir tableau VI.7) ; ces dépendances représentant l'intensité des liens qui relient deux processus.

Pour chaque écart de la configuration entre deux processus, nous calculons la différence en valeur absolue entre les dépendances initiales (a_i) et finales (a_j) entre ces deux processus.

$$a_{ij} = |a_i - a_j|$$

Comme nous l'avons précisé, nous ne nous intéressons qu'aux dépendances générant des différences dans la constitution des clusters. En effet, ces différences synthétisent les principales modifications des dépendances entre les clusters.

Pour notre exemple, l'évaluation de l'écart concernant le lien entre les processus A et D correspond à $a_{AD} = |0.2 - 0.8| = 0.6$.

Ces valeurs sont ensuite utilisées pour définir l'indicateur *Amplitude* pour l'évaluation des écarts entre deux cartes :

$$Amplitude = \frac{\sum a_{ij}}{nb \text{ liens modifiés}}$$

Pour l'exemple proposé, nous avons donc $l'Amplitude = (|0.8-0.2|+|0.1-0.8|+|0.2-0.9|+|0.5-0.1|)*2 / 8 = 0.24 / 4 = 0.6$.

A partir des deux indicateurs que nous venons d'introduire, nous pouvons évaluer l'effort de transformation nécessaire au passage entre deux configurations d'un système en s'appuyant sur : l'étendue de la propagation de la modification dans la constitution des clusters et l'amplitude de la modification de ces dépendances.

La pertinence de ces indicateurs est d'autant plus grande que le calcul se limite à la partie de la carte qui est concernée par le projet ou par l'évolution introduite. Il est essentiel de se concentrer sur les parties impactées de la carte de clusters afin de ne pas minimiser l'impact d'une modification par la prise en compte de l'ensemble du système et donc de toutes les parties non concernées par le projet. De même pour comparer plusieurs évolutions envisagées, les périmètres de prise en compte de la carte doivent être identiques.

Un premier niveau d'analyse est proposé dans la figure suivante :

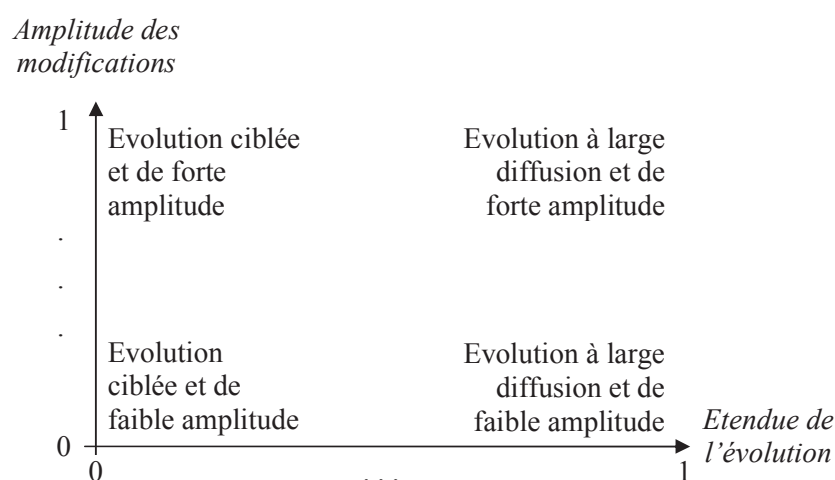


figure VI.57 : Interprétation de l'effort de transformation

L'utilisation combinée de ces deux indicateurs (l'étendue et l'amplitude d'une modification) offre une représentation de l'effort à fournir par l'organisation pour transformer le système d'information d'un état à un autre. Cet effort est calculé en fonction des dépendances qui représentent à la fois la cohérence nécessaire à l'entreprise et les freins liés aux nécessités de coordination des processus. Les deux indicateurs représentent les deux composantes majeures permettant de caractériser l'impact d'une évolution : la propagation de l'évolution dans l'organisation et l'importance des dépendances modifiées. Le schéma présenté dans la figure précédente apporte une visibilité sur la lecture conjointe de ces indicateurs. L'objectif de cette grille de lecture est de fournir aux managers un premier niveau de compréhension de l'impact de l'évolution sur leur système.

De même, cette grille permet de comparer le positionnement entre plusieurs orientations possibles pour une évolution. Leurs positionnements respectifs sur la grille apporteront une information supplémentaire sur l'effort de transformation nécessaire à chacun de ces choix. Cette grille propose donc un premier niveau d'aide à la décision.

L'analyse du positionnement dans l'absolu, c'est-à-dire à partir des valeurs précises de ces indicateurs, pourra ensuite fournir de l'information pertinente sur l'évolution envisagée. Cette analyse nécessite un étalonnage des axes représentant les indicateurs *Etendue* et *Amplitude* de l'évolution qui ne peut se baser que sur l'expérience accumulée sur des projets d'évolutions menés dans l'entreprise. Nous n'adresserons pas ce recueil d'information mais il fournira, une fois constitué, une capitalisation très intéressante pour renforcer l'aide à la décision initiée par cette grille.

Il est important de rappeler que cette analyse peut être faite sur les différentes cartes de clusters, ce qui permet d'affiner l'effort à fournir en identifiant dans un projet d'évolution les composantes les plus impactées.

II.3 Comparaison de cartes de dépendances de types différentes

II.3.1 La cohérence des dimensions du système d'information

Dans ce paragraphe, nous ne comparons pas des cartes de différents systèmes mais bien les différentes cartes d'un même système basées sur les différentes dimensions de la dépendance interprocessus. Dans ce cas, l'objectif est de comparer les cartes des trois dépendances principales (acteurs, information et ressource). En effet, la dépendance telle que nous l'avons définie est constituée de trois composantes complémentaires qui s'imbriquent pour constituer le système d'information dans toute sa complexité.

Nous allons donc suivre la démarche présentée dans la figure VI.58. La démarche est constituée d'une phase amont dans laquelle nous allons définir les différentes configurations possibles d'écart entre les dépendances de ces cartes. A chacune de ces configurations, nous allons associer un premier niveau d'interprétation générique et réutilisable.

Dans un second temps, les trois cartes de dépendances d'un même système pourront être analysées afin d'identifier les configurations préalablement définies.

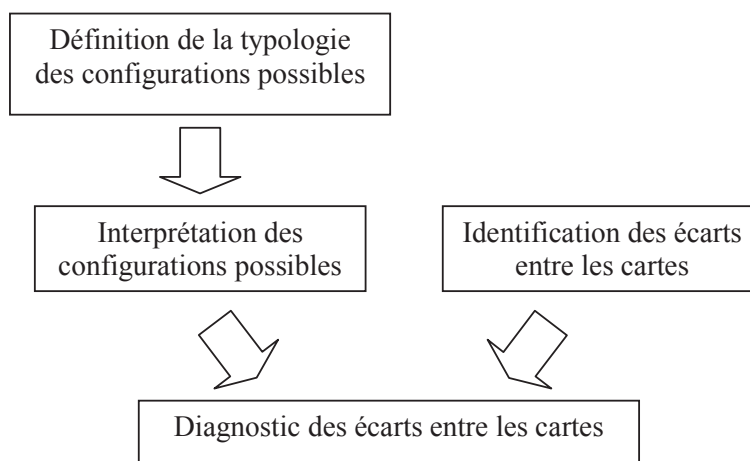


figure VI.58 : Démarche d'analyse des écarts entre les différents types de dépendance

- *Identification des écarts*

Dans le cas présent, nous allons comparer les matrices des trois dimensions du système d'information pour identifier les écarts dans la constitution des clusters. Chacune des matrices représente une dimension du système d'information que l'on souhaite comparer (figure VI.58).

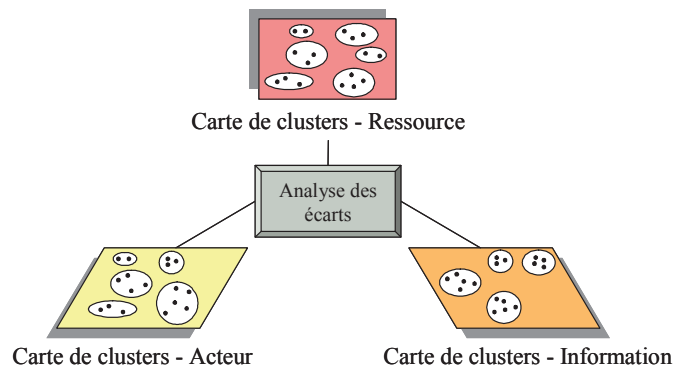


figure VI.59 : L'analyse des écarts entre les différentes cartes d'un système

Chacune des cartes est représentée par une matrice qui identifie les processus regroupés en clusters. L'analyse de chaque carte se fait de la façon suivante : deux processus qui appartiennent au même cluster prennent la valeur ($A ; I ; R$) en fonction de la dépendance qui est étudiée (A pour Acteur, I pour Information et R pour Ressource) et la valeur de ($\bar{A} ; \bar{I} ; \bar{R}$) s'ils appartiennent à deux clusters différents.

Si nous considérons que la carte de clusters présentée dans l'exemple comme une carte des dépendances d'acteur, nous obtenons :

$$C_1 = \begin{array}{c|ccccc} & A & B & C & D & E \\ \hline A & A & \bar{A} & \bar{A} & \bar{A} & A \\ B & \bar{A} & A & A & A & \bar{A} \\ C & \bar{A} & A & A & A & \bar{A} \\ D & \bar{A} & A & A & A & \bar{A} \\ E & A & \bar{A} & \bar{A} & \bar{A} & A \end{array}$$

Une matrice similaire est obtenue pour chacune des trois dimensions. Ainsi, pour chaque couple de processus, l'association des résultats obtenus avec ces trois matrices fournit un triplet (Acteur - A, Information - I, Ressource - R) représentant la liaison de dépendance entre ces deux processus dont toutes les configurations possibles sont reprises dans le tableau VI.8.

- *Interprétation des écarts possibles*

Ces triplets représentant toutes les configurations possibles sont analysés pour fournir un premier niveau d'interprétation qui contribuera au diagnostic final du système d'information. Ces interprétations sont reprises dans le tableau VI.8 qui suit.

Ces configurations représentent des points de focus dans le système d'information qui seront remontés comme des alarmes aux responsables des processus qui devront, à leur tour, approfondir l'analyse. La mise en lumière de ces zones permet de repérer simplement des points de l'organisation pouvant être la source de dysfonctionnement ou d'amélioration. Un approfondissement de l'analyse devra ensuite déterminer la véracité de cette alarme et les améliorations éventuelles à apporter afin de garantir son bon fonctionnement.

Configuration	Interprétation
$(\bar{A} ; \bar{I} ; \bar{R})$	Cohérence – Les processus sont complètement indépendants dans l'organisation.
$(A ; I ; R)$	Cohérence – Les processus sont fortement dépendants.
$(A ; I ; \bar{R})$	Un important flux d'information entre des acteurs n'est pas soutenu par une implémentation informatique.
$(A ; \bar{I} ; R)$	L'application répond dans un même métier à plusieurs besoins distincts mais fédère une communauté d'utilisateurs.
$(\bar{A} ; I ; R)$	Des utilisateurs différents manipulent les mêmes informations dans les mêmes applications. Une application et ses informations sont utilisées par différents acteurs.
$(\bar{A} ; I ; \bar{R})$	L'information circule entre différentes organisations sans être supportée par des applications informatiques.
$(\bar{A} ; \bar{I} ; R)$	Une application sert à des métiers différents.
$(A ; \bar{I} ; \bar{R})$	Les acteurs d'une même organisation effectuent des tâches très distinctes.

tableau VI.8 : Analyse des écarts entre les dépendances pour un couple de processus

L'interprétation de ces configurations s'effectue au niveau de chaque couple de processus (et non pas au niveau des clusters). Malgré ce positionnement local de ces alarmes, le nombre de processus dans l'entreprise dont le niveau de granularité correspond à celui de notre démarche reste limité (de l'ordre d'une centaine de processus pour une grande entreprise). Ainsi, le nombre d'alarmes restera traitable pour identifier les gains ou les risques potentiels.

Cette approche correspond ici à une vision bottom-up de l'analyse des évolutions. Chaque responsable de processus peut analyser plus en détails les configurations et les contraintes structurelles existantes dans son domaine de responsabilité. Les configurations identifiées sont donc adressées aux responsables des processus ou éventuellement aux responsables des clusters auxquels appartiennent ces processus. Les configurations identifiées dans la phase précédente mettent en évidence des cas (représentés en gras dans le tableau) potentiellement sources de dysfonctionnement ou d'améliorations significatives. Ces acteurs auront ensuite à charge de faire remonter aux décideurs les gains ou risques potentiels nécessitant d'éventuelles modifications dans le système d'information.

II.3.2 Le lien entre l'organisationnel et le système informatique

La partie informatisée du système d'information (le domaine industriel utilise l'acronyme anglais IT) fait désormais partie de la stratégie des entreprises en raison de son impact sur le management des organisations. L'alignement stratégique entre le métier et le système informatique n'aura d'impact positif sur les performances de l'entreprise que s'il existe une synergie dans la gestion de ces deux entités [Pollalis 03].

Le système informatique ne doit donc plus être considéré uniquement comme un outil mais comme un élément à part entière du système. Plusieurs études empiriques confirment l'impact positif de l'alignement stratégique du système d'information sur les performances de l'entreprise [Tallon 00], [Sabherwal 01].

De nombreux auteurs ont travaillé sur ce lien entre le système informatique et la stratégie de l'entreprise en traitant par exemple : les indicateurs nécessaires à l'évaluation de l'alignement [Chan 06], les différentes composantes de l'alignement [Bleistein 06] ou encore différents modèles d'alignement [Pollalis 03]. L'une des composantes essentielles qui ressort pour adresser l'alignement entre la stratégie de l'entreprise et le système informatique est l'alignement entre l'organisation métier et le système informatique [Luftman 93], [Vasconcelos 04]. Sur cette problématique, l'utilisation des cartes de clusters permet de mettre en relation les processus, leur environnement et le système informatique.

L'alignement entre le système informatique et les besoins métiers passe notamment par la réponse des applications aux besoins des processus et à la prise en compte par le système informatique des contraintes existantes dans l'organisation. Les cartes de clusters offrent une vision synthétique de ces contraintes.

- La mise en oeuvre

L'urbanisme du système informatique génère le regroupement des applications par zone. Ces zones rassemblent des applications fortement dépendantes au regard des flux de données échangées et des contraintes techniques informatiques.

De son côté, l'urbanisme organisationnel génère le regroupement de processus en clusters, en se basant sur trois dimensions des dépendances métiers que nous avons identifiées. Notamment, la carte générale, agrégation des trois dimensions de la dépendance, est issue de l'analyse de l'ensemble des contraintes du métier.

Notre approche se propose donc de comparer la carte des dépendances générales entre les processus avec la carte issue de l'urbanisme du système informatique. Ces cartes génèrent des regroupements d'objets différents (processus et application). Un mécanisme de transformation sur les clusters de processus permet facilement d'identifier l'ensemble des applications reliées à un processus. Ainsi, les applications associées à un processus sont rattachées au cluster auquel le processus appartient (voir schéma de principe figure VI.60). La carte générale de clusters, reconstruite à partir des applications nécessaires aux processus pourra ainsi être comparée aux clusters d'applications issus de l'urbanisme du système informatique.

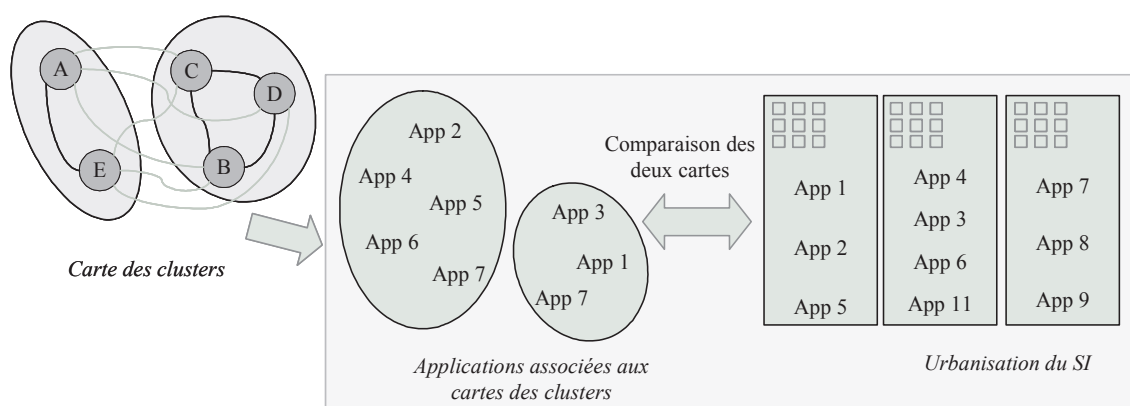


figure VI.60 : Principe de comparaison entre les clusters issus de la carte générale et les clusters de l'urbanisme du système informatique

De la même façon que pour l'identification des écarts dans la comparaison des cartes de types de dépendances identiques, les cartes de clusters du système informatique sont représentées par des matrices où deux applications appartenant au même cluster prennent la valeur de 1, et

deux applications appartenants à deux clusters différents prennent la valeur de 0. Nous calculons la différence en valeur absolue entre les deux matrices et l'ensemble des valeurs différentes de zéro représente les liens entre deux applications où il y a un écart entre l'analyse informatique et l'analyse métier. Les matrices suivantes reprennent les configurations introduites dans la figure VI.60.

$$C_1 = \begin{array}{c|ccccccc} & 1 & 2 & 3 & 4 & 5 & 6 & 7 \\ \hline 1 & 1 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 1 \\ 2 & 0 & 1 & 0 & 1 & 1 & 1 & 0 \\ 3 & 1 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 1 \\ 4 & 0 & 1 & 0 & 1 & 1 & 1 & 0 \\ 5 & 0 & 1 & 0 & 1 & 1 & 1 & 0 \\ 6 & 0 & 1 & 0 & 1 & 1 & 1 & 0 \\ 7 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \end{array} \quad C_2 = \begin{array}{c|ccccccc} & 1 & 2 & 3 & 4 & 5 & 6 & 7 \\ \hline 1 & 1 & 1 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 2 & 1 & 1 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 3 & 0 & 0 & 1 & 1 & 0 & 1 & 0 \\ 4 & 0 & 0 & 1 & 1 & 0 & 1 & 0 \\ 5 & 1 & 1 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 6 & 0 & 0 & 1 & 1 & 0 & 1 & 0 \\ 7 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \end{array} \quad |C_1 - C_2| = \begin{array}{c|ccccccc} & 1 & 2 & 3 & 4 & 5 & 6 & 7 \\ \hline 1 & 0 & 1 & 1 & 0 & 1 & 0 & 1 \\ 2 & 1 & 0 & 0 & 1 & 0 & 1 & 0 \\ 3 & 1 & 0 & 0 & 1 & 0 & 1 & 1 \\ 4 & 0 & 1 & 1 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 5 & 1 & 0 & 0 & 1 & 0 & 1 & 0 \\ 6 & 0 & 1 & 1 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 7 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 0 \end{array}$$

Comme pour les autres analyses développées précédemment, la détection de ces écarts fournit un système d'alarme sur les points incohérents dans la construction du système informatique. Ces alarmes détectent des configurations potentiellement incohérentes, à risque, ou nécessitant des améliorations éventuelles.

Ces écarts sont mis en évidence en s'appuyant sur la comparaison d'une vision à multi-points de vue créant les clusters de processus et d'une vision à un seul point de vue créant les zones d'applications. En effet, la carte générale de cluster regroupe l'ensemble des dépendances de l'organisation et donc, des contraintes pour son évolution. Cette carte n'exclut pas les dépendances liées au système informatique, puisque dans sa composante « ressource », elle prend en compte les dépendances inter-applicatives issues de la carte d'urbanisme du système informatique. Par contre, elle intègre ces dépendances avec l'ensemble des dépendances métiers identifiées selon les trois dimensions acteur, ressource et information. Aussi les différences entre les deux cartes de regroupements d'applications analysées ici, résultent de l'écart entre une vision mono-point de vue et une vision multi-points de vue des contraintes métiers utiles pour urbaniser le système informatique.

L'alignement théorique idéal du système informatique sur le métier supposerait sans doute une correspondance exacte entre les clusters de processus et les zones applicatives issues de l'urbanisme du système informatique. En effet, l'urbanisme vise à la fois la gestion de manière conjointe au sein d'un même cluster de l'évolution du système informatique et de l'organisation, et le découplage de l'évolution de chacun des clusters.

Dans la réalité de l'entreprise, cet alignement idéal n'est pas souvent viable. Mais il est d'autant plus important d'identifier et d'analyser les sources et les causes précises des écarts d'alignement. Le système d'alarme proposé ci-dessus permet l'identification de configurations entre applications pouvant être la source d'une incohérence dans la prise en compte des besoins métiers par le système informatique. De même que précédemment, l'analyse en profondeur de ces alarmes au niveau des liens inter-applicatifs est laissée aux experts à la fois métiers et informatiques.

La synthèse des diagnostics liés aux cartes de clusters

Dans cette partie, nous avons présenté plusieurs types de diagnostics basés sur la comparaison de cartes de clusters. Les cartes peuvent représenter à la fois un système dans un état initial ou dans un état cible. Ces diagnostics fournissent trois informations sur l'évolution d'un système (voir figure VI.61) :

- La cohérence des dimensions du système d'information existant. L'analyse des écarts entre les dimensions des dépendances, ou entre le métier et le système informatique, permettent d'évaluer ses forces et ses faiblesses. Ces approches permettent de souligner les configurations potentiellement incohérentes, afin de les approfondir, et de s'assurer du bon fonctionnement de l'organisation.
- L'alignement des évolutions envisagées avec les objectifs de l'évolution. Les indicateurs de qualité des cartes montrent les évolutions organisationnelles et structurelles vers lesquelles les choix envisagés orientent le système d'information.
- L'impact d'une modification sur le système d'information. Basé sur l'amplitude et l'étendue d'une modification, l'effort de transformation analyse l'importance des transformations à mettre en œuvre pour chaque choix envisagé.

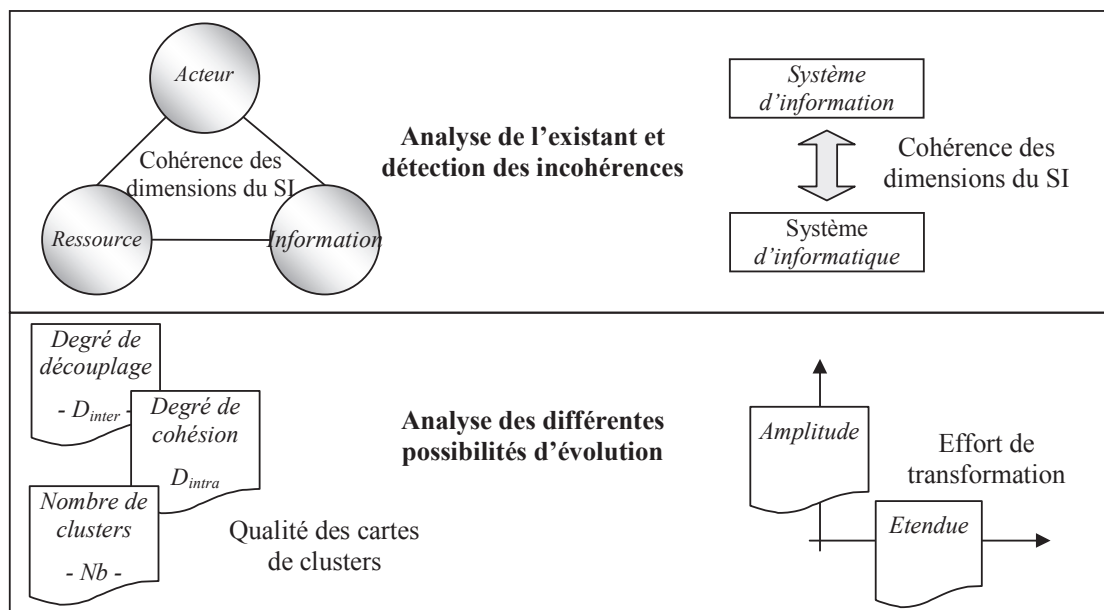


figure VI.61 : Les diagnostics des cartes de clusters

III. Le diagnostic intra-cluster

Les regroupements identifiés délimitent les processus à prendre en compte de façon systématique dans la gestion d'une évolution, afin d'assurer une gestion homogène des processus d'une même zone. L'analyse interne des clusters fournira une aide à l'élaboration d'une cible et d'un scénario d'évolution.

Dans les paragraphes précédents, nous avons développé des outils qui permettent de caractériser les cartes de clusters de processus, afin de mettre en avant les modifications de ces cartes dans une perspective d'évolution du système d'information. Dans cette partie, nous allons revenir à la raison initiale de la constitution de clusters, c'est-à-dire à la constitution d'unités de gestion cohérentes vis-à-vis de l'évolution.

L'objectif est de montrer des cas d'utilisation de nos clusters, et ainsi de mettre en avant les analyses qui peuvent être fournies en se plaçant à un niveau plus agrégé que celui des processus. Les clusters peuvent être utilisés afin de fournir aux managers des informations importantes pour orienter les choix d'évolution dans le système d'information.

Dans les paragraphes qui suivent, nous allons nous appuyer sur deux caractérisations des processus pertinentes pour la gestion de l'évolution : la maturité des processus et l'apport des processus à la stratégie de l'entreprise. Ces deux indicateurs ramenés au niveau des clusters fournissent aux décideurs un nouvel éclairage sur le système d'information, ses faiblesses, ses améliorations potentielles et ses orientations éventuelles.

III.1 La maturité des processus

III.1.1 Les modèles de maturité des processus

La majorité des modèles de maturité, proposés autour des processus, se base sur le CMM (Capability Maturity Model) ou sur la norme ISO 15504 (connu aussi sous le nom de modèle SPICE) [ISO 15504 04a]. Ces deux approches sont détaillées dans l'annexe 2. CMMi [Carnegie 05a], qui est la nouvelle version de CMM, est l'une des initiatives d'amélioration de la performance les plus adoptées dans l'industrie du développement logiciel. CMMi considère que le niveau de maturité des processus fournit un levier pour prédire les performances futures d'une organisation dans une discipline ou un ensemble de disciplines données.

Beaucoup des concepts élémentaires de CMMi apparaissent génériques et peuvent potentiellement être appliqués à d'autres domaines et à la définition de la maturité des processus métiers. En effet, [Curtis 04] positionne ce qu'il appelle le « Business Process Maturity Model » (BPMM) comme une prolongation des méthodes existantes dans le domaine des directions informatiques (figure VI.62). Pourtant, les approches citées pour le BPMM s'intéressent plus à la mise en place d'une démarche qualité et à la mise en œuvre de l'approche processus qu'elles n'adressent directement la définition d'un modèle de maturité pour les processus.

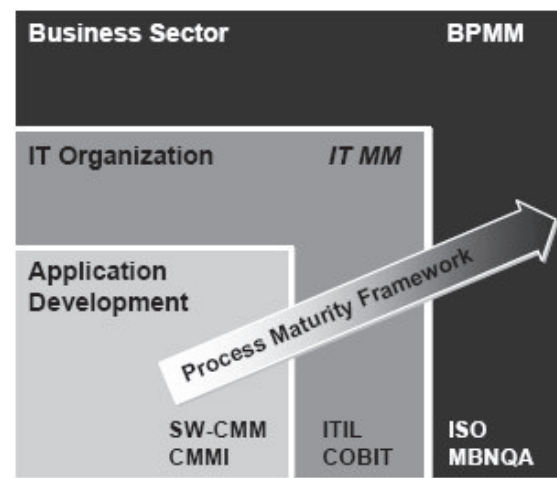


figure VI.62 : Positionnement des approches de maturité [Curtis 04]

Ces problématiques de définition d'un modèle de maturité des processus ont reçu peu d'attention de la part des chercheurs. Quelques travaux pourtant proposent des modèles comme par exemple [Harmon 04]. Il souligne qu'il existe deux approches de l'évaluation de la maturité :

- Une approche basée sur la notion de niveaux dans laquelle chaque niveau correspond à un ensemble d'aptitudes nécessaires pour réaliser les objectifs de ce niveau,
- Une approche continue de la maturité. Les différentes entités d'une même organisation peuvent être à des niveaux différents de maturité. L'évolution de la maturité des divers processus se fera selon les besoins et bien sûr la capacité de l'organisation.

Les auteurs ont choisi la première approche s'appuyant sur la nécessité pour les entreprises de mieux appréhender et de mieux mettre en œuvre ces approches lorsque les objectifs à atteindre sont clairs et que la cible est bien définie. Ils proposent donc un modèle d'évaluation de la maturité sur chaque processus comme présenté dans la figure VI.63.

La définition des différents niveaux de maturité correspond globalement aux critères suivants :

- Le niveau initial de la maturité des processus correspond à l'identification d'un processus qui n'est pas décrit de façon formelle et dont la performance dépend essentiellement des acteurs.
- Au second niveau de maturité, le processus est décrit et documenté et peut ainsi être reproduit. Un système de gestion du processus et de mesure de sa performance est mis en œuvre.
- Le troisième niveau de maturité correspond à une gestion ajustée du processus qui est mis en œuvre suivant des recommandations, des normes ou une référence de l'entreprise. Le processus est intégré dans une démarche globale de gestion de l'entreprise.
- La quatrième niveau correspond à la mise en place des mesures quantitatives liées à la performance même du processus et qui sont exploitées pour prévoir et améliorer ses performances (coût, délai, qualité).

- Le dernier niveau correspond à la mise en place d'une politique d'amélioration continue du processus, intégrée dans le fonctionnement quotidien de l'entreprise (pilotage, étalonnage, amélioration).

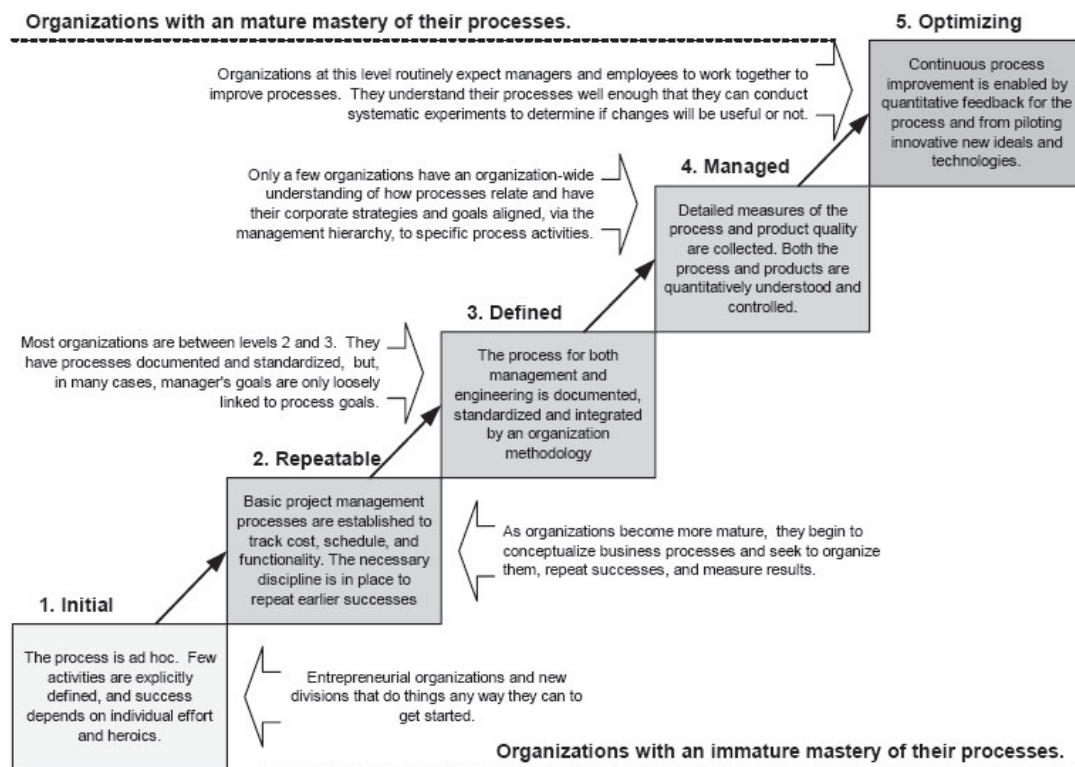


figure VI.63 : Business process maturity model [Harmon 04]

Ces niveaux de maturité restent très génériques et offrent un premier cadre d'analyse pour la maturité des processus. Ces niveaux doivent ensuite être affinés dans l'entreprise qui veut les utiliser afin de coller à ses problématiques et à ses objectifs. De même, le domaine d'application de ces processus est aussi à prendre en compte dans l'adaptation de la définition de la maturité. Les caractéristiques qui assurent la pertinence d'un processus de production ne sont pas les mêmes par exemple que celles d'un processus d'innovation. De part notre approche, certaines informations sont déjà à la disposition de l'entreprise pour soutenir la démarche de définition de la maturité de ses processus : l'identification et/ou la modélisation de ses processus dans le référentiel, la définition d'une référence ou l'utilisation d'indicateurs relatifs à ce processus.

III.1.2 Les clusters de processus et la maturité des processus

Comme nous venons de le voir, à chaque processus peut être associé un niveau de maturité, que nous nommerons Mp_i . Cette échelle de niveau de maturité représente un indicateur pour définir les performances futures et donc définir les orientations des améliorations nécessaires pour ces processus. Comme nous l'avons souvent souligné, les clusters de processus représentent des regroupements fortement dépendants dans la gestion de l'évolution. La mesure des niveaux de maturité des différents processus d'un même cluster permet donc d'évaluer les faiblesses de certains processus du cluster qui, fortement liés à d'autres, peuvent représenter un risque. De même, la vision globale des maturités des différents clusters d'une

carte de processus fournit une information supplémentaire dans les choix d'évolution à apporter au système d'information.

Pour définir l'agrégation de la maturité des processus au sein d'un cluster, nous suggérons deux approches alternatives :

- L'utilisation de la moyenne des maturités des processus ainsi que la variance

$$Mc_i = \frac{\sum_j Mp_j}{nb \text{ processus}}, Sm_i = \sqrt{\frac{\sum_j (Mp_j - Mc_i)^2}{nb \text{ processus}}}$$

Mc_i est la maturité du cluster i , Sm_i sa variance associée et Mp_j est la maturité du processus j .

La variance permet de mesurer la dispersion des maturités des processus d'un cluster et permet de compenser la perte d'information introduite par le choix de la moyenne.

- Le cluster est évalué à partir de la maturité la plus faible de ses processus

$$Mc_i = \min_j (Mp_j)$$

Dans ce cas, le niveau de maturité du cluster est identifié par le niveau du processus le moins mature du regroupement. Cette solution fait référence aux méthodes utilisées dans les modèles de maturité qui évaluent la maturité et donc la qualité des performances, et la prise de risque en fonction de l'élément le plus faible.

Interprétation

L'utilisation des modèles de maturité dans le développement logiciel a pour objectif le développement du professionnalisme et de la compétitivité, des gains en productivité, la réduction des coûts, ou encore la diminution des défauts de développement. Dans le cas des processus métiers, les objectifs sont similaires puisqu'ils recherchent l'amélioration des performances de la globalité de l'entreprise, une meilleure maîtrise de son fonctionnement et donc des risques de dysfonctionnement plus faibles. La mise en évidence de cette information au sein des clusters de processus permettra de faire ressortir les points d'amélioration. Différents des secteurs clés (représentant des groupes prédéfinis d'amélioration) introduits dans CMMi, les clusters représentent des regroupements cohérents de processus vis-à-vis de l'évolution. Leur utilisation remplira deux objectifs principaux :

- La satisfaction des exigences toujours plus grandes des clients et des partenaires, la maîtrise de la complexité et des risques de son organisation imposent de maîtriser les processus. L'utilisation des niveaux de maturité constitue un levier pour progresser vers l'excellence avec une recherche de l'efficacité de ses processus, tout en prenant en compte les contraintes inhérentes à l'organisation du système d'information existant.
- L'utilisation d'un niveau d'agrégation supplémentaire montre la dynamique des liens entre ces processus, et donc l'influence que peuvent avoir les niveaux de maturité de certains processus sur d'autres.

La maturité permet de prendre en compte globalement un certain nombre d'éléments caractéristiques du processus comme sa description, sa performance, son adhérence à des standards qui lui confère une importance essentielle dans la gestion de l'évolution.

III.2 Evaluation de l'apport stratégique des clusters.

La stratégie correspond à l'ensemble des choix d'objectifs et de moyens qui orientent à moyen et à long terme les activités d'une entreprise. La stratégie est soutenue par la création de valeur et la recherche de la performance vis à vis des différentes parties prenantes (les clients, les actionnaires, le personnel, la société).

L'évolution de l'ensemble des composantes de l'entreprise doit donc s'appuyer sur la stratégie choisie par l'entreprise pour orienter ses choix et ses modes de fonctionnements. Dans ce cadre, les processus de l'entreprise se coordonnent et s'organisent dans un seul et même objectif, soutenir la stratégie de l'entreprise. De même pour arriver à une entreprise intégrée, [Ortiz 99] souligne l'importance de la mise en relation des processus avec la stratégie de l'entreprise. Pourtant, tous les processus de l'entreprise n'y contribuent pas de la même façon.

La stratégie mise en œuvre par des processus dit stratégiques traduit en action les intentions finalisées [Lorino 98]. Les processus stratégiques correspondent aux processus créateurs de valeur qui, exploitant les ressources de l'entreprise, visent à générer des avantages concurrentiels durables. [Ketinger 98] souligne que les projets d'évolution de ces processus, réalisant des améliorations selon plusieurs dimensions stratégiques, sont perçus comme plus « payant » que les projets unidimensionnels. Il souligne que la phase de mise en évidence des liens entre les processus avec la stratégie doit être vue comme une phase d'identification des besoins et d'examen de la faisabilité d'un projet.

La mise en évidence du lien entre les processus et la stratégie de l'entreprise revêt donc un caractère déterminant dans le choix des évolutions à mettre en œuvre. De nombreux travaux s'intéressent à ce problème.

Par exemple, [Lorino 98] propose la mise en avant de deux types de processus : *critique*, c'est-à-dire ayant un impact significatif sur une performance stratégiquement sensible et *durablement créateur de valeur*, c'est-à-dire constituant un avantage concurrentiel de l'entreprise. [Huxley 03] propose une méthodologie pour l'évaluation du niveau critique des processus en fonction de cinq critères (l'impact, la dépendance, la probabilité de défaillance, le rapport coût/gain, probabilité de succès).

D'autres approches s'appuient sur la traduction de la stratégie en un ensemble de buts qui seront ensuite reliés à chacun des processus afin d'identifier l'apport de chaque processus à la stratégie de l'entreprise [Vasconcelos 01]. [Papadacci 05] propose une approche qui a pour but de fournir de l'aide à la décision sur l'évaluation des différentes cibles du système d'information en se basant sur leur « valeur ajoutée » métier. Ces différentes méthodes permettent d'évaluer l'apport stratégique des processus.

III.2.1 Les clusters de processus et l'apport stratégique des processus

Comme nous venons de le voir, à chaque processus peut être associé un niveau d'apport à la stratégie que nous nommerons Ap_i . Comme pour la maturité des processus, notre apport ne se situe pas sur l'évaluation de cette apport stratégique, mais sur son utilisation au sein des clusters. Ce niveau d'apport stratégique représente l'impact de la performance du processus à la stratégie actuelle de l'entreprise. Les clusters représentent des entités dont les membres sont fortement dépendants. La mise en évidence de l'apport stratégique des différents processus d'un regroupement permet d'évaluer l'importance de ce cluster dans l'ensemble de la carte des processus. De même, elle permet d'identifier au sein d'un cluster les dépendances qui, au cours d'une évolution, peuvent impacter des processus définis comme critiques pour la stratégie de l'entreprise.

Pour définir l'agrégation de l'apport stratégique des processus au sein d'un cluster, nous suggérons les deux mêmes approches alternatives que pour la maturité :

- L'utilisation de la moyenne des apports des processus ainsi que l'écart type

$$Ac_i = \frac{\sum_j Ap_j}{nb \text{ processus}}, Sa_i = \sqrt{\frac{\sum_j (Ap_j - Ac_i)^2}{nb \text{ processus}}}$$

Ac_i est l'apport du cluster i et Sa_i sa variance associée et Ap_j est l'apport du processus j .

- Le cluster est évalué à partir de l'apport le plus élevé au sein de ses processus

$$Ac_i = \max_j (Ap_j)$$

Dans ce cas, la maturité d'un cluster est représentée par l'apport stratégique le plus fort de ses processus.

Interprétation

L'apport stratégique peut être utilisé dans les phases de choix des évolutions envisagées. Il constitue une information importante pour se voir attribuer des budgets en utilisant les leviers les plus forts sur lesquels l'entreprise veut s'améliorer.

La gestion des risques est le nom donné à un processus formel de mise en balance des événements défavorables et favorables liés à un projet donné. L'une des phases de la gestion des risques est la mise en balance de la criticité liée aux éléments impactés, et donc la prise de risque qui leur est relative et à leur apport stratégique.

Conclusion sur l'analyse intra-cluster

Dans cette partie, nous avons présenté deux utilisations des clusters de processus à partir des informations recueillies au niveau des processus. Les deux propositions que nous avons faites correspondent à des indicateurs dont l'importance est prépondérante dans la gestion de l'évolution et dans la mise en œuvre d'une hiérarchisation des solutions envisagées. La maturité des processus apporte un éclairage sur la définition des priorités d'améliorations à mettre en œuvre afin d'obtenir un niveau de performance en adéquation avec ses objectifs. Une analyse sous un angle stratégique des clusters fournit aussi un éclairage supplémentaire aux décideurs dans la phase de détermination des priorités parmi les choix envisageables pour l'évolution du système d'information.

Le recueil des informations concernant la maturité des processus et de leur apport stratégique nécessite une expertise et la mise en place de méthodes spécifiques qui ne sont pas prises en compte dans nos travaux de recherche car ils constituent à eux seuls des pans entiers de recherche qui restent encore ouverts pour de nombreux travaux. En revanche, l'utilisation des ces deux approches apparaît comme une méthodologie appropriée pour faire les choix liés à la gestion de l'évolution.

Comme nous l'avons précisé, nous avons choisi dans cette partie deux utilisations spécifiques pour les clusters de processus. Pourtant, d'autres critères caractérisant les processus (tels que par exemple le taux d'informatisation, la stabilité ou encore le taux d'adhérence aux standards) pourront eux aussi faire l'objet d'une attention particulière et d'une intégration dans les clusters, en fonction des besoins supplémentaires auxquels pourraient répondre ces cartes de clusters.

IV. Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons présenté les différents outils d'analyse et de diagnostic que nous avons développés autour des cartes de clusters de processus et qui sont repris dans la figure VI.64. Ces outils se positionnent à deux niveaux : les outils de diagnostic des cartes de clusters et des outils caractérisant les propriétés des clusters de processus constituant le système d'information.

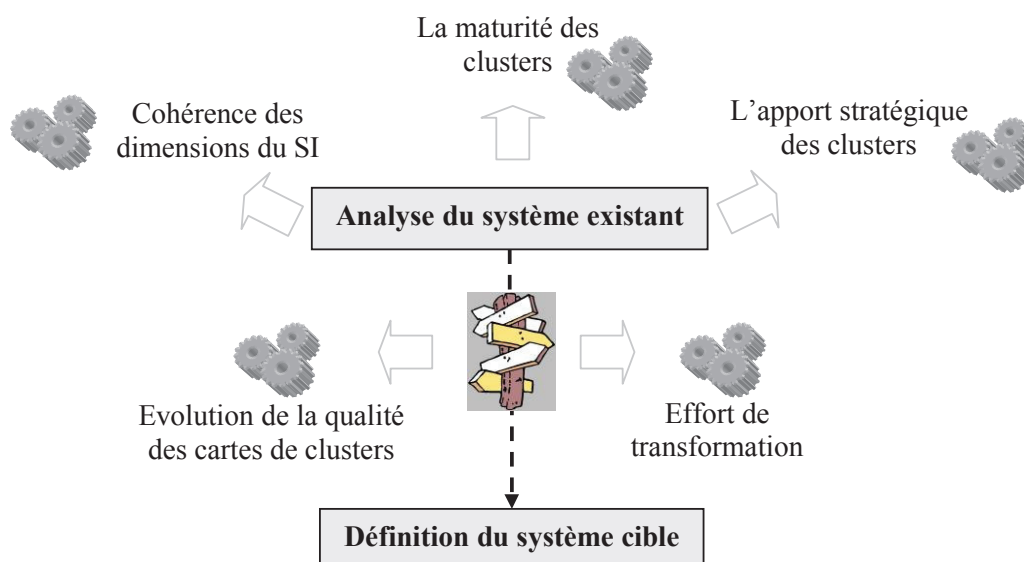


figure VI.64 : Les diagnostics du système d'information

Une première partie de ces indicateurs permettent de faire une analyse de l'existant. Ainsi, Le diagnostic intra-cluster a permis de mettre en avant les principes de maturité des clusters et de leurs apports stratégiques. Ces indicateurs présentent et synthétisent des informations pertinentes pour la gestion de l'évolution du système d'information.

L'utilisation des cartes de cluster nécessite un fort niveau d'abstraction pour bien identifier les apports de leur construction, ce qui engendre parfois des difficultés d'interprétations malgré des résultats simples. L'intégration à notre méthode de la maturité des processus et de leurs apports à la stratégie de l'entreprise, donne une forte valeur ajoutée à la constitution des clusters de processus.

L'étude de la cohérence des dimensions du système d'information permet, elle aussi, de dégager des axes d'amélioration du système existant.

Une deuxième partie des outils de diagnostic fournit, à la fois, l'analyse de l'existant, préalable à la détection des forces et des faiblesses du système d'information, ainsi que l'évaluation des différentes solutions envisagées pour le faire évoluer. Les indicateurs autour de l'analyse des cartes de clusters que nous avons présentés (effort de transformation et les indicateurs de qualité) s'appuient sur l'évolution des caractéristiques du système d'information et fournissent un éclairage structurel des implications d'un changement.

Chapitre VII

L'étude de Cas –

STMicroelectronics

I. Introduction

Ce dernier chapitre est consacré à la mise en pratique des études scientifiques qui ont été présentées dans les chapitres précédents. Ces travaux sont issus des besoins exprimés par la société STMicroelectronics (STM) concernant la problématique de gestion de l'évolution.

Le système d'information de STM s'est développé par « morceaux » avec une approche parcellaire, par métier, qui n'ont pas été dès leurs conceptions intégrés dans un schéma d'ensemble ni dans une vision cible. Cette évolution, avec une approche locale, a donné lieu à un parc applicatif très complexe au regard du nombre d'applications gérées (une soixantaine uniquement rapportées au manufacturing) avec comme conséquence une multiplication des interfaces entre ces applications.

Comme nous l'avons vu dans l'introduction générale, le projet a été initié dans l'équipe « Architecture et Industrialisation ». Cette équipe fait partie de l'organisation centrale chargée des orientations stratégiques du système d'information lié à la fabrication des plaquettes de silicium. Face à la complexité du système d'information et à la nécessité de mieux répondre aux besoins de leurs clients, les acteurs du système d'information ont ressenti la nécessité de mieux gérer les évolutions introduites dans le système. Ces évolutions pouvant être subies ou anticipées dans le cadre d'une réflexion globale, il est nécessaire de garantir leur intégration cohérente dans les systèmes existants.

La première partie de ce chapitre est consacrée à la présentation du contexte dans lequel évolue l'entreprise STMicroelectronics ainsi que celui qui a entraîné ces travaux. Dans cette partie, nous mettons en évidence les particularités qui ont orientées notre démarche.

La deuxième partie est consacrée à la modélisation du système d'information de STMicroelectronics et à l'utilisation du méta-modèle développé dans le chapitre IV.

La partie suivante illustrera la mise en œuvre de la méthodologie de clusterisation des processus basée sur la cartographie du système d'information présentée dans le chapitre V.

Dans la dernière partie sont développés les diagnostics du système d'information que nous avons pu réaliser en se basant sur les indicateurs développés dans le chapitre VI.

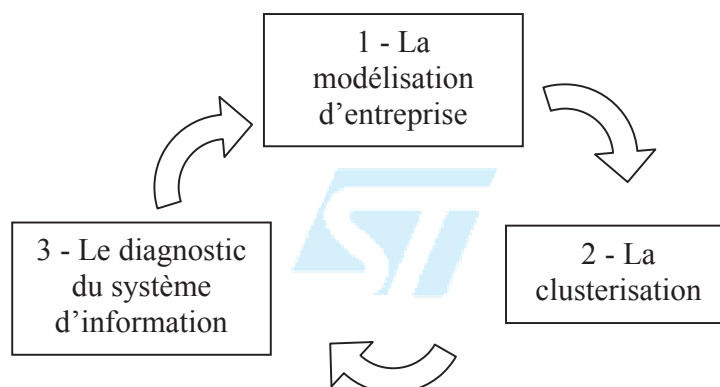


figure VII.65 : Plan du chapitre VII

II. Le contexte

Face à une stratégie d'entreprise en constante évolution, le système d'information doit clairement définir son architecture en s'appuyant sur les performances souhaitées (coûts, qualité, délais). Les directions métiers et la direction du système d'information ont pour mission de piloter la cohérence du système d'information et son alignement avec les objectifs stratégiques de l'entreprise. Dans le contexte de la microélectronique, le processus de fabrication d'un wafer se déroule en plus de 300 étapes de fabrication. Les usines de microélectronique sont des unités fortement automatisées de plusieurs milliers de personnes. Ces deux caractéristiques montrent la difficulté de connaître et d'analyser le système d'information qui devient dès lors un levier critique qu'il convient d'inclure de façon particulière dans une réflexion plus globale dans l'entreprise.

STMMicroelectronics cherche à améliorer son système d'information pour répondre à :

- Une complexité importante d'un système informatique qui s'est construit progressivement et de manière très répartie dans les différents services, avec une standardisation insuffisante des données et des applications,
- Des besoins en pleine explosion, en ce qui concerne les volumes d'information et la nature de l'information à traiter. Ces besoins imposent une révision de l'architecture informatique globale,
- La nécessité d'évolutions fréquentes et partielles du système d'information. La gestion de les évolutions doit dorénavant être considérée comme une caractéristique permanente du système d'information (en moyenne, le nombre de changements à traiter par semaine dans chacune des entités de fabrications de STMMicroelectronics est entre 50 à 100).

Les transformations du système d'information sont multiples et très variées tant par leurs natures et leurs origines que par leurs impacts. A titre d'exemple, ces évolutions peuvent aller d'une simple évolution des informations intégrées dans un schéma général de données au développement d'une nouvelle application communiquant avec des applications existantes ou encore au transfert d'un processus de production et du système d'information associé d'un site de production vers un autre site. Les problèmes à prendre en compte sont :

- La maîtrise des délais et la réactivité face à une perturbation,
- L'anticipation des impacts d'une perturbation,
- L'anticipation des actions à engager,
- La minimisation des risques lors d'un changement (beaucoup d'interruptions de production sont liées à des changements).

Face à ces besoins, il devient indispensable de développer une méthode de gestion des évolutions, et surtout des outils permettant aux managers de mieux comprendre les mécanismes d'évolution du système d'information. La connaissance complète du système et une méthodologie rigoureuse de gestion du changement sont des éléments clés pour répondre à ces problématiques.

En effet, l'approche de construction et d'évolution du système d'information centrée sur les applications a engendré un manque de visibilité entre les besoins métiers et le système informatique. Cette coupure rend difficile à la fois la communication entre la maîtrise d'œuvre

(intervenant métier) et la maîtrise d'ouvrage (informaticien) et la vérification de la réponse du besoin client.

L'objectif de ce chapitre est d'appliquer les méthodologies et les outils introduits dans les chapitres précédents afin d'apporter à l'entreprise d'une part des réponses à ses problématiques et d'autre part de tester l'applicabilité et la pertinence des développements scientifiques. Cette confrontation entre le monde industriel et les développements scientifiques a constitué tout le long de ces travaux un axe central pour l'orientation et l'approfondissement des études menées.

III. L'urbanisme organisationnel mis en œuvre

L'urbanisme organisationnel du système d'information a été développé pour répondre à ces problématiques. La démarche de l'urbanisme propose une structuration des activités à mettre en œuvre pour implémenter des évolutions dans le système d'information tout en s'appuyant sur la stratégie de l'entreprise. Comme nous l'avons déjà précisé, toute la démarche n'a pas été mise en œuvre dans l'entreprise. Mais, la mise en pratique de certaines parties tout au long du projet nous a permis d'enrichir d'expériences opérationnelles la démarche globale.

Les prochains paragraphes reprennent des réalisations spécifiques à des étapes de la démarche dont les trois grandes approches sont reprises dans la figure VII.66.

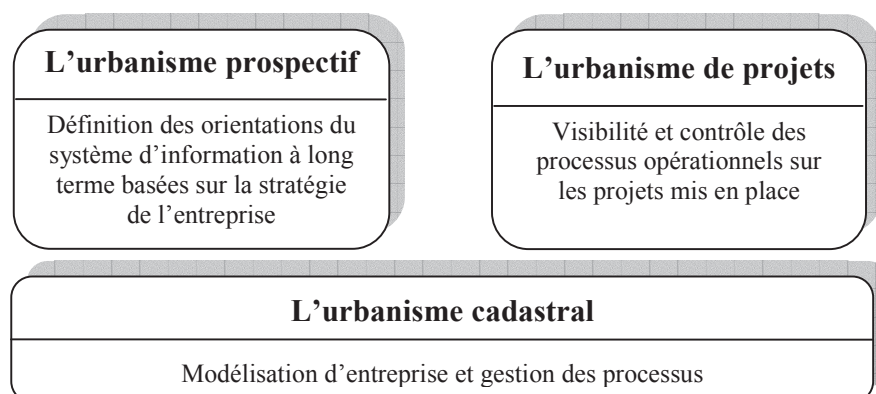


figure VII.66 : Les étapes de l'urbanisme organisationnel

Dans un premier temps, nous revenons sur l'urbanisme cadastral qui est le socle de la méthodologie. Le prochain paragraphe détaille comment a été utilisé le méta-modèle que nous avons développé dans le chapitre IV, quelles ont été les règles de modélisation mises en place et quelles sont les vues qui ont été choisies pour réalisation de la cartographie du système d'information.

Le paragraphe suivant concerne toujours l'urbanisme cadastral et met en œuvre la démarche de clusterisation des processus. Celle-ci permet la structuration des processus en des entités homogènes pour la gestion de l'évolution.

La dernière partie adresse l'urbanisme prospectif. Plusieurs diagnostics développés dans le chapitre VI seront appliqués au système d'information modélisé afin d'analyser l'existant et de mettre en évidence les informations pertinentes pour aider les choix d'évolution.

L'urbanisme de projets est hors du périmètre de cette étude de cas.

IV. La modélisation de l'entreprise

IV.1 La mise en œuvre et l'outillage

La modélisation d'entreprise est le socle fondamental supportant l'ensemble de la démarche d'urbanisme organisationnel et la construction des outils de diagnostic. Sa réalisation nécessite une attention toute particulière afin de garantir son opérationnalité.

IV.1.1 L'outillage de la démarche

L'une des premières étapes de la mise en œuvre opérationnelle d'un projet de cartographie du système d'information est le choix de l'outil de modélisation. La majorité des acteurs ont modélisé leur processus en utilisant des outils de dessin (PowerPoint, Visio, Word...) qui pour une utilisation locale apportent des fonctionnalités suffisantes, mais montrent rapidement leurs limites dans le déploiement d'une approche globale de modélisation. L'analyse de la documentation existante (documents qualité sur les macro-processus de l'entreprise, documentations sur les applications...) confirme le manque de cohérence entre les modélisations, que ce soit dans les formalismes utilisés, la granularité des informations ou les informations décrites à l'interface de plusieurs domaines.

Comme nous l'avons vu dans le chapitre II paragraphe III.2, les outils de modélisation spécialisés dans la cartographie des systèmes d'information sont dédiés à ces problématiques et sont indispensables pour assurer la pérennité de la démarche. Dans le cadre de ce projet, nous avons utilisé deux outils pour des besoins spécifiques :

- Adonis[®], de la société BOC, dont le méta-modèle est ouvert ce qui a permis donc son adaptation à nos travaux sur le méta-modèle, mais qui, au départ de nos travaux, ne répondait pas au cahier des charges industriel. Cet outil a été utilisé pour la mise au point de notre méta-modèle.
- MEGA[®], de la société MEGA, dont le méta-modèle n'est que difficilement modifiable par les clients (même si des modifications simples peuvent être introduites). L'ensemble du référentiel de la société STMicroelectronics a été modélisé dans cet outil.

IV.1.2 La mise en œuvre de la démarche dans les organisations

La démarche peut se découper en deux parties complémentaires qui représentent les deux axes de modélisation du système d'information : la modélisation des processus et la modélisation du système informatique. La principale raison pour distinguer ces deux approches est qu'elles font intervenir des acteurs et des méthodes de modélisation différentes.

La cartographie des processus correspond à l'identification et la modélisation de tous les processus métiers de l'entreprise, y compris ceux des services informatiques, qui contribuent de façon directe ou indirecte à sa performance.

La première étape que nous avons réalisée pour la modélisation est l'identification des sources d'information existantes (tel que les documents qualité ou les cahiers des charges des applications) afin d'obtenir un premier niveau d'information. Il est rapidement apparu que l'entreprise ne possédait pas une culture de gestion des processus et ne possédait que peu de formalisation de ceux-ci exceptés pour les macro-processus exigés par les normes qualité ISO.

Pour le reste, les modélisations existantes restaient localisées en fonction des besoins apparus dans les projets et n'étaient ni capitalisées, ni gérées de façon centrale.

La cartographie applicative a pour objectif le recensement des applications existantes dans le système informatique et de l'ensemble des flux d'information échangés par ces applications. La description des applications est généralement formalisée dans des documents réalisés lors de la conception par les équipes assurant le maintien de ces applications. Dans le cas de la cartographie applicative, la difficulté est de mettre en relation l'ensemble des applications existantes afin de référencer les interfaces et de construire une vue d'ensemble du système informatique.

Avant d'entamer la réalisation de ces cartographies, la mise en place d'une méthodologie d'interview, du méta-modèle et des vues utilisées est un travail primordial pour garantir la réussite du projet et qui est détaillé dans les paragraphes suivants.

IV.2 Une méthodologie d'interview et de modélisation

Le projet a été effectué au sein de l'équipe Architecture et Industrialisation qui a pris en charge l'ensemble des modélisations. Afin de garantir la cohérence du référentiel d'entreprise, la modélisation a été faite par un groupe central. En effet, il est nécessaire d'appliquer des règles rigoureuses de modélisation et d'être formé sur les outils de modélisation. Il faut bien préciser que ce ne sont pas uniquement des outils de dessin mais des outils qui possèdent une base de donnée référençant les objets modélisés ce qui exige le respect d'une méthodologie lors de la modélisation.

Les modélisations doivent fournir des descriptions techniques consultables par l'ensemble des utilisateurs. Ceci impose une réflexion de fond sur l'ergonomie des schémas et un renseignement systématique de commentaires explicites pour les utilisateurs. D'autre part, ce groupe organise la structuration du référentiel et le découpage à la fois transversal (découpage interprocessus et inter-applications) et vertical (en définissant les niveaux de granularité à atteindre).

Les informations pour la construction des modèles d'entreprise sont recueillies au travers d'interviews avec les responsables métiers impliqués dans les processus modélisés, ou les applications décrites. La conduite des interviews et la rigueur de modélisation sont des conditions indispensables pour assurer la qualité des données. La pertinence de ce recueil d'informations se base principalement sur trois points :

- Le cadrage de l'interview pour obtenir le niveau de granularité et d'information voulus, notamment grâce au choix pertinent des interlocuteurs,
- Le traitement des renseignements recueillis pour obtenir un niveau d'information homogène et des modèles exhaustifs dans les différents niveaux de la cartographie,
- La rigueur de la modélisation pour générer des modèles et des objets non redondants notamment aux interfaces entre les domaines.

Dans des domaines comme la microélectronique où les processus sont fortement informatisés, les interlocuteurs éprouvent des difficultés à extraire les processus des outils informatiques déjà en place dans l'organisation. La complexité des processus mis en œuvre dans le cœur de métier et la haute technicité de ces métiers rendent également difficile le recueil d'informations nécessaires à leur modélisation.

Le modélisateur doit appréhender les problématiques métiers sans nécessairement être directement impliqué dans le processus concerné afin de garantir l'exhaustivité des informations recueillies. Les interviews sont l'occasion de faire remonter des informations. En effet, la neutralité des interviewers incite à cet échange et permet de recueillir les problématiques déjà identifiées par les acteurs interrogés. En revanche, un travail de synthèse est essentiel ensuite.

Par ailleurs, dans le cadre de ce recueil d'information, les acteurs métiers parlent principalement en terme de rôle et non d'acteur, ce qui correspond à la modélisation fonctionnelle des processus. Cette approche fournit dès le départ une modélisation générique des processus mais en général, les discours manquent de précision en ce qui concerne le positionnement des acteurs dans l'organisation.

L'une des problématiques principales lors du démarrage d'un projet de modélisation d'entreprise est la cohérence des modèles. La définition des modèles doit répondre aux besoins de la modélisation et pourra s'appuyer sur la définition du méta-modèle comme nous le verrons dans le paragraphe suivant. Le deuxième élément qui garantit la validité des modèles est l'utilisation de règles de modélisation telle que : la date de mise à jour, des modèles tenant sur une feuille A4, des commentaires rédigés en anglais sur tous les objets....

IV.3 Le méta-modèle dans l'entreprise

IV.3.1 L'utilisation du méta-modèle

Dans le chapitre IV, nous avons introduit notre méta-modèle pour la modélisation d'entreprise afin d'obtenir les informations nécessaires à une gestion de l'évolution de l'entreprise en se basant sur le découplage des domaines de modélisation. La figure VII.67 reprend le méta-modèle en délimitant (dans le cadre en gras) les concepts que nous avons utilisés au cours de la mise en œuvre du référentiel d'entreprise chez STMMicroelectronics.

Toute la partie concernant les modèles de processus physiques (processus dont les flux sont de la matière ou de l'énergie) ne fait pas partie de la problématique que nous avons traitée. En effet, dans le cadre de cette étude, nous nous sommes intéressés uniquement aux processus informationnels de l'entreprise. Dans le méta-modèle, nous n'avons donc pas utilisé, dans la modélisation orientée métier, les modèles de processus physiques, les modèles de ressources et les modèles de ressources physiques.

En ce qui concerne les modèles d'infrastructure, quelques modèles ont été réalisés en marge du projet dans le cadre d'une étude de monitoring des applications. Comme nous l'avons déjà souligné, l'infrastructure ne constitue plus une contrainte forte au niveau de la performance des processus même si elle peut en revanche être liée à une gestion des risques. Dans la problématique traitée, la modélisation de l'infrastructure ne représentait pas une priorité et n'a donc pas été mise en œuvre en respectant les principes de découplage.

Les processus informatiques constituent l'instanciation des flux d'information métier au sein du système informatique. Ils correspondent à l'enchaînement des tâches réalisées par les applications qui permettent de transformer les informations fournies par ou/et envoyées à un processus métier. Ce niveau de granularité très fin n'est pas requis dans une première phase d'analyse du système d'information. Le reste du méta-modèle a été mis en œuvre et sera détaillé dans les paragraphes qui suivent.

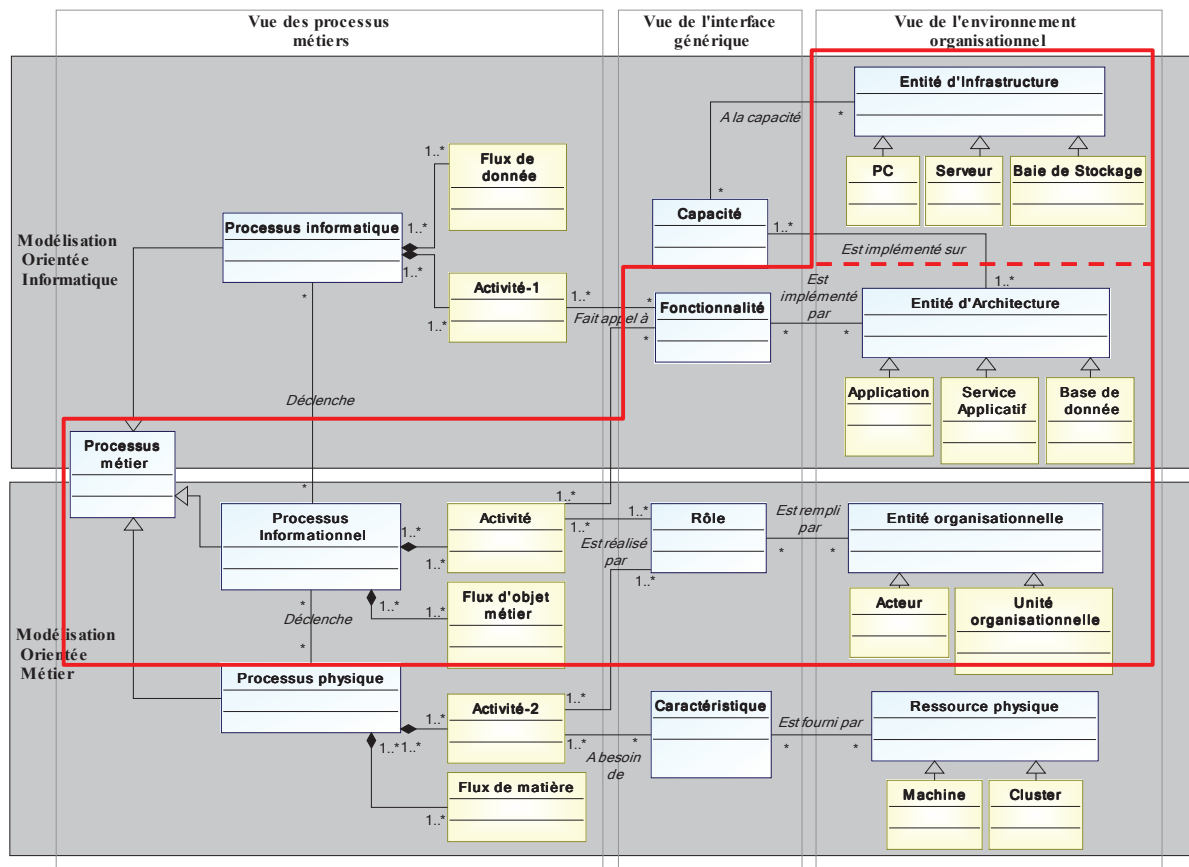


figure VII.67 : L'instanciation du méta-modèle proposé

IV.3.2 L'instanciation des concepts du méta-modèle

Dans ce paragraphe, nous allons nous attarder sur la mise en œuvre des concepts de l'interface générique. Ces concepts constituent un des points clés de notre méta-modèle et nécessitent l'approfondissement des spécificités entraînées par l'implémentation de ces concepts.

- Les rôles chez STM et dans la microélectronique

L'analyse des rôles joués dans le secteur de la microélectronique (mais qui restent malgré tout assez génériques à l'ensemble des industries de production) permet une classification des rôles en trois catégories :

- **Fonctionnel :** Ces rôles correspondent aux fiches de poste qui décrivent les métiers des différents acteurs de l'entreprise (vendeur, contrôleur financier, ingénieur device, ingénieur défectivité...). Ces fiches de poste, réalisées par les directions des ressources humaines, contiennent les missions, la formation, les compétences humaines et techniques requises pour le poste.

- Hiérarchique : Ces rôles correspondent au positionnement des acteurs dans l'organigramme (responsable d'équipe, manager, responsable de projet, expert...). Ils reflètent les responsabilités nécessaires à ces acteurs pour remplir les activités qui leur sont dévolues (généralement des rôles de validation qui demandent un certain niveau hiérarchique).
- Activités secondaires : Ces rôles correspondent à des actions ponctuelles que sont effectuées par les acteurs de l'entreprise (TQM champion, Scrap champion, 5S Champion...). Ils sont liés à des activités complémentaires à leur activité principale. Ces rôles font intervenir des acteurs disséminés dans les organisations.

Comme nous l'avons souligné précédemment, un acteur peut effectuer une combinaison de ces rôles métiers dans le cadre de ses activités. Tous ces rôles seront référencés dans la modélisation des processus de l'entreprise.

Un aspect particulièrement important dans le contexte de la société STMicroelectronics est l'implantation mondiale de ses sites. Ainsi, un même processus métier peut se décliner sur plusieurs sites avec un environnement organisationnel spécifique à chaque site. Dans ce contexte, les rôles fonctionnels au sein de STMicroelectronics se caractérisent par :

- L'existence de rôles similaires au sein des différents sites ainsi que dans les organisations centrales. Ces rôles fortement similaires se différencient principalement par une « *distance culturelle* » due à leur éloignement géographique et par des méthodologies de travail différentes suivant les sites. Par exemple, deux ingénieurs Device des sites de Crolles ou de Phoenix possèdent des rôles très proches qui seront considérés comme similaires dans les modélisations car répondant aux mêmes objectifs.
- L'existence au sein de la fabrication de rôles similaires mais liés à des technologies ou à des produits différents. Le domaine de la microélectronique se caractérise par la fabrication de nombreux produits sur des technologies différentes, et dont le niveau technique élevé exige une spécialisation des rôles.

Dans le cadre de cette étude, les rôles similaires appartenant à des implantations différentes (c'est-à-dire intervenant sur des sites différents), ou liés à des produits ou des technologies différentes ont été considérés comme identiques.

Les objets métiers

Nous avons défini un objet métier comme un ensemble d'informations manipulé par des processus informationnels dont la signification unique est partagée par l'ensemble des acteurs quel que soit le processus. Les objets métiers sont donc des concepts utilisés de façon transorganisationnelle dans l'entreprise.

Ces objets métiers sont des entités qui sont principalement utilisées par les acteurs métiers, moins par les acteurs du système informatique qui sont habitués à manipuler des données beaucoup plus précises. Ces objets métiers correspondent aux concepts utilisés quotidiennement par les acteurs de l'entreprise pour communiquer entre eux et qu'ils utilisent naturellement dans la description de leur processus.

La notion de fonctionnalité

La notion de fonctionnalité décrit les besoins métiers (liés au processus) auxquels doit répondre le système informatique. Elle sert à la capitalisation de ces besoins lors de la conception (ou de la refonte) d'une application.

Cette approche, qui peut être mise en œuvre lors d'un projet de la création ou de refonte d'application, peut difficilement l'être dans le cadre d'un projet de modélisation car les informations sont trop complexes à recueillir. En revanche, cette étape de modélisation a été intégrée dans le cycle de développement d'une application afin notamment de garantir la réponse à tous les besoins métiers et pour construire une architecture orientée service (SOA).

Ce concept est important dans une approche de gestion du changement du système d'information mais n'est pas utilisé dans la construction des clusters de processus.

IV.4 Les vues utilisées dans la cartographie

Les vues utilisées dans la cartographie correspondent aux différents modèles qui seront proposés pour décrire les processus et les applications. En effet, les représentations des objets et leurs interactions sont différentes en fonction de l'objectif d'un modèle. Par exemple, certains modèles fournissent une vision d'ensemble des objets modélisés et de leurs interfaces, d'autres fournissent une description détaillée d'un objet particulier.

L'objectif est de délimiter le périmètre des différents modèles et de les adapter en fonction des utilisateurs de la cartographie. Les objets de modélisation interviennent donc dans plusieurs modèles où ils sont représentés sous différents angles de vue.

IV.4.1 Les vues de la cartographie des processus

Comme nous l'avons précisé dans le chapitre IV, l'objectif de ces vues est la mise en évidence des flux d'information existants entre les processus de l'entreprise ainsi que l'environnement organisationnel dans lequel ils évoluent.

La construction de la cartographie des processus suit une approche top-down, c'est-à-dire partant des macro processus de l'entreprise puis raffinant à chaque niveau la description jusqu'au niveau de granularité le plus fin. Dans le cadre de notre approche de clusterisation des processus, le niveau le plus fin de la décomposition des processus intervient lorsque l'on peut identifier des acteurs ou des rôles différents sur chacune des activités d'un processus.

IV.4.2 Les vues relatives aux processus métiers

En ce qui concerne les vues qui s'adressent aux processus métiers, nous avons distingué trois vues : les *diagrammes d'ensemble*, les *diagrammes d'environnement* et les *diagrammes de description*.

Les *diagrammes d'ensemble* représentent les ensembles de processus. Ils permettent notamment de faire le référencement des processus dans un domaine. Ces processus peuvent être organisés et classifiés au sein du modèle, comme dans les modèles de « supply chain ». Ces diagrammes sont aussi utilisés pour la navigation dans un intranet par exemple. Le *diagramme d'ensemble* le plus macroscopique correspond à la modélisation des macros processus de STMicroelectronics.

Ensuite, à chaque processus identifié dans les diagrammes d'ensemble, des *diagrammes d'environnement* et de *description* peuvent être décrits. Le diagramme d'environnement (un exemple est présenté dans la figure VII.68) est centré sur le processus et met en évidence les flux d'information vers les autres éléments du système d'information. Ces éléments peuvent être des processus, des applications ou des acteurs. Ces diagrammes prennent des formes différentes selon le niveau de description.

- A très haut niveau (comme sur la figure VII.68), les flux identifiés s'adressent principalement à d'autres processus, et notamment le lien vers les processus support et les processus de management.
- A des niveaux de granularité plus fins, les flux sortant ou entrant du processus peuvent s'orienter vers des acteurs de l'organisation ou des applications, lorsque les processus sont instanciés dans les organisations.

Ces diagrammes permettent aussi de référencer les indicateurs clés qui sont suivis au niveau du processus.

L'objectif de ces diagrammes est d'identifier les flux inter-processus et ainsi visualiser les domaines connexes à chaque processus. Ces flux représentent la raison d'être du processus, les services qu'il rend à ses clients et les informations dont il a besoin pour fonctionner.

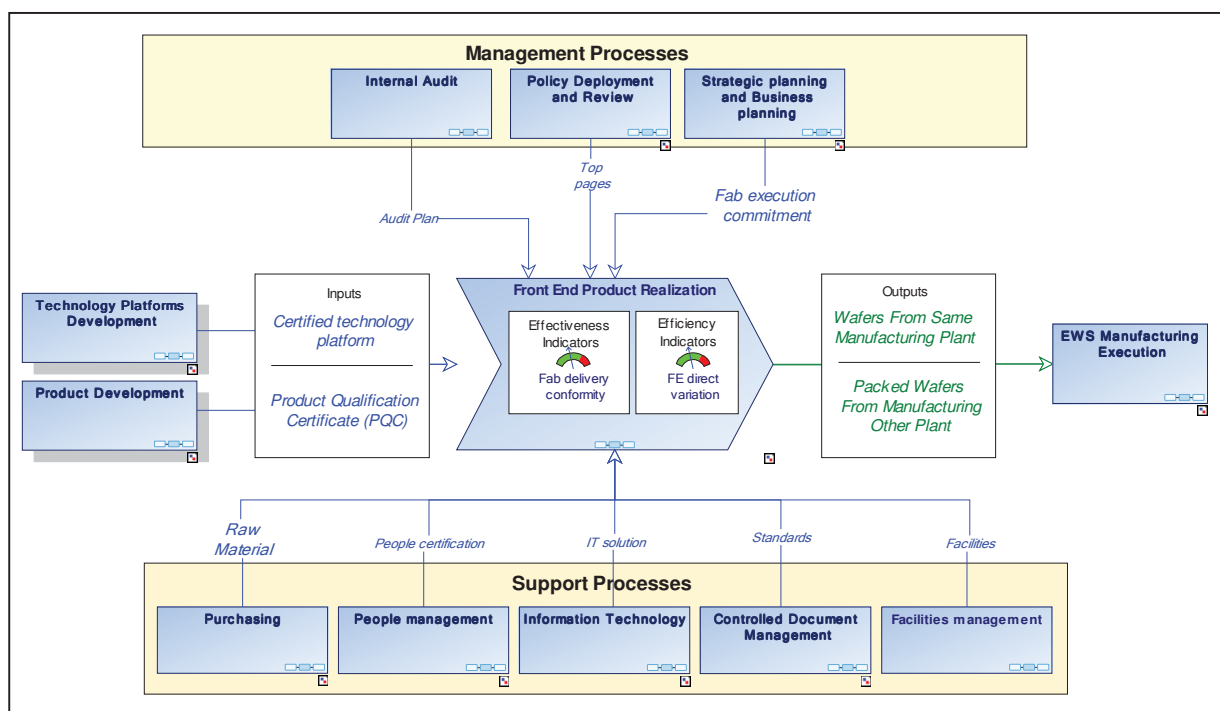


figure VII.68 : Front End Product Realization - Business Process Environment Diagram

Les *diagrammes de description* correspondent à la description détaillée des processus. Ils sont de deux types selon qu'ils représentent des processus génériques ou des processus instanciés. Ces diagrammes décrivent les activités quotidiennes des acteurs pour assurer le fonctionnement de l'entreprise.

Ils mettent en évidence les acteurs impliqués, les informations échangées et les applications utilisées pour chacune des étapes du processus.

Si le processus est décrit de façon générique, l'environnement (acteurs, ressources) du processus est décrit par les vues contenues dans l'interface générique (rôle, fonctionnalité). De manière opérationnelle, il est difficile de représenter les applications utilisées dans les processus par les fonctionnalités nécessaires pour répondre aux besoins de l'activité. La figure suivante illustre un diagramme de description d'un processus dans son contexte.

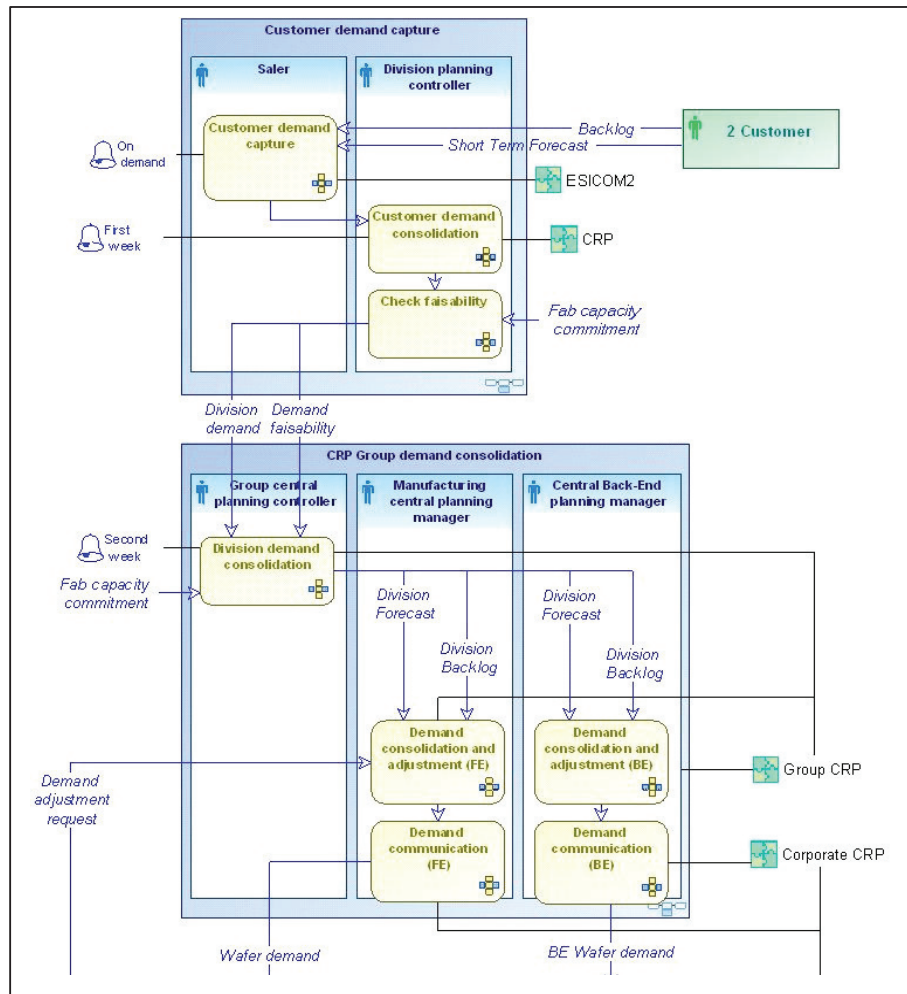


figure VII.69 : Capacity Requirement Planning - CRP - Business Process Diagram

IV.4.3 Les vues d'architecture du système d'information

Les vues d'architecture du système d'information contiennent principalement deux types de diagramme : les *diagrammes d'environnement* et les *diagrammes d'architecture applicative* respectivement à gauche et à droite dans la figure VII.70.

De la même façon que pour les processus, les *diagrammes d'environnement applicatifs* placent une application au centre et décrivent l'ensemble des interactions de cette application avec le reste du système informatique. L'objectif est d'identifier les flux majeurs entrant et sortant des applications ainsi que l'ensemble des applications ou bases de données avec lesquelles elles s'interfacent.

Les diagrammes d'*architecture applicative* représentent le fonctionnement interne de l'application. Ils identifient l'ensemble des services contenus dans l'application, les bases de données et les flux majeurs qui circulent au sein de l'application. L'objectif est de décrire le fonctionnement de l'application et ses principales fonctionnalités.

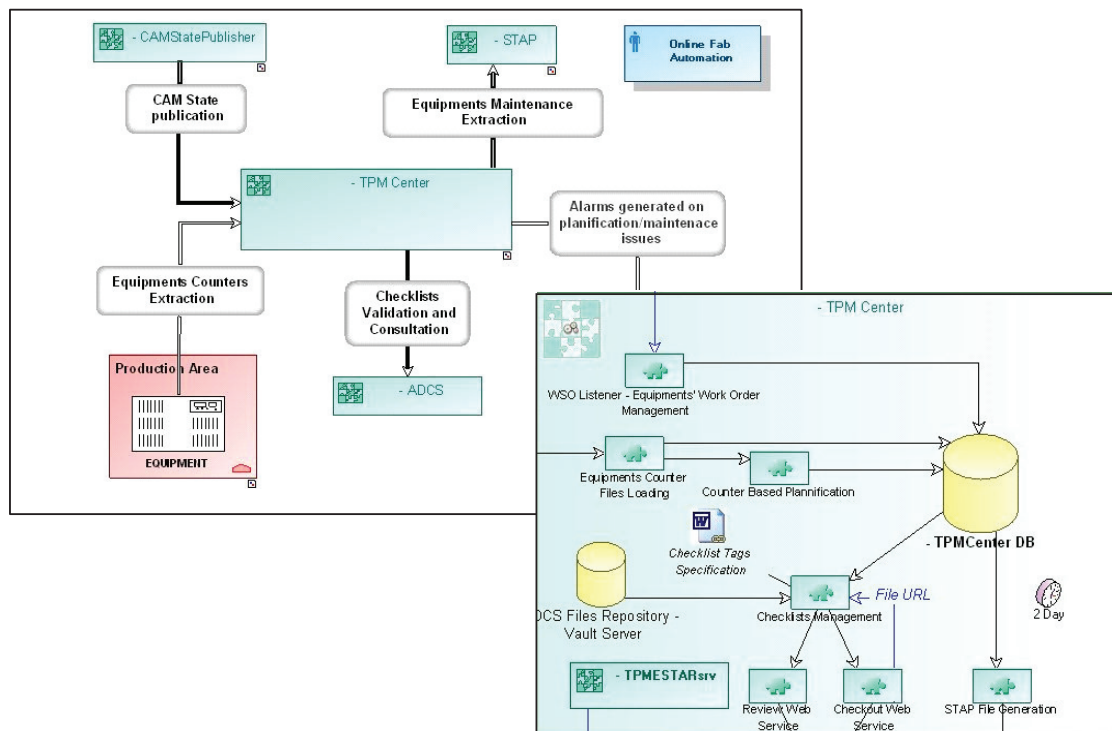


figure VII.70 : TPM Center (Total Preventive Maintenance) – Environment Software Design Architecture

IV.4.4 La vue de l'organisation

La vue de l'organisation décrit l'organigramme de l'entreprise (voir figure VII.71). L'objectif est d'identifier l'ensemble des structures organisationnelles de l'entreprise ainsi que les acteurs appartenant à ces organisations.

Dans ces diagrammes, les acteurs sont aussi reliés aux rôles qu'ils réalisent dans les processus. De façon opérationnelle, les organigrammes sont modélisés à partir des informations mises à disposition par les organisations. La difficulté est de maintenir à jour ces informations, très fluctuantes, surtout si cette partie de la modélisation n'est pas effectuée en collaboration avec la direction des ressources humaines.

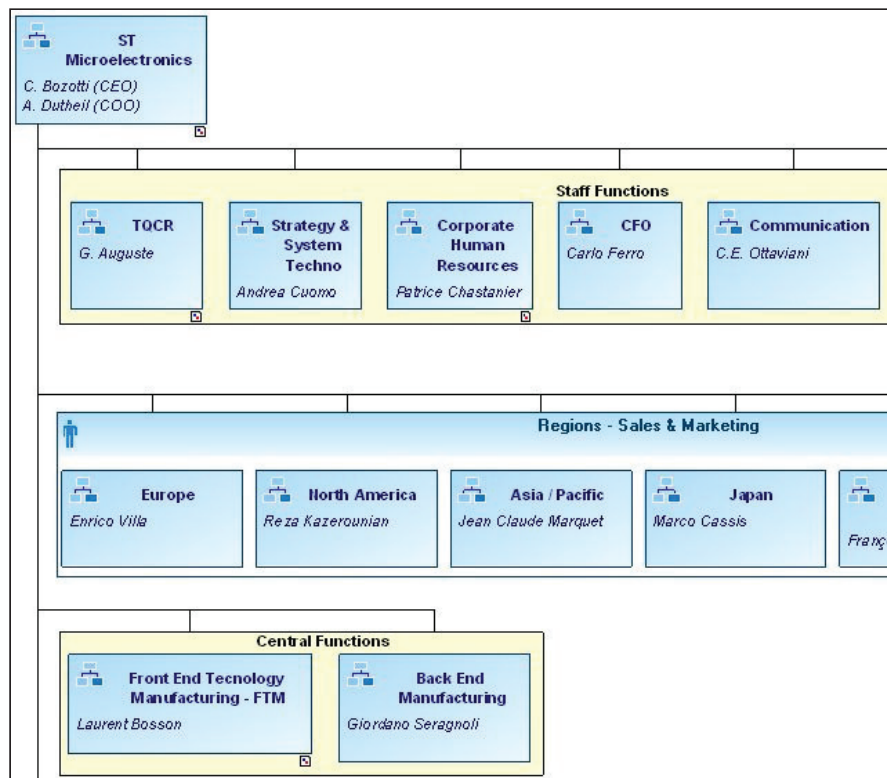


figure VII.71 : STMicroelectronics - Organizational Chart

IV.5 L'exploitation du modèle

IV.5.1 Les apports de la modélisation

Le premier apport de la modélisation est le recueil d'informations et la formalisation des connaissances existantes jusqu'alors diffuses dans l'entreprise. Le constat initial du manque de documentation ou de son incohérence a permis de sensibiliser les acteurs sur ce premier apport de la modélisation d'entreprise.

Ces modélisations fournissent des bases communes pour l'ensemble des acteurs de l'entreprise afin d'acquérir une connaissance complète et homogène de l'entreprise sur la base d'informations centralisées, uniformes et interdépendantes, en permanence accessibles et réutilisables. Dans notre cas, la mise à disposition des modélisations via d'un site intranet permet à tous d'accéder dans un formalisme reconnu aux informations autrefois réparties. L'intranet devient dès lors un outil efficace de support pour la réalisation des activités des acteurs métiers. Les modèles d'entreprise dans ce contexte fournissent des modèles à la fois descriptif, coopératif et normatif [Burlat 01].

A partir d'un portail, chaque utilisateur peut accéder aux vues qui l'intéressent. Cette capacité de partage de l'information est un vecteur de réussite du projet. Par exemple, une entrée « Processus métier » permet aux acteurs métiers de connaître leur processus sans pour autant accéder aux informations concernant l'hébergement des applications ou leurs architectures. De même, un responsable de projet voudra accéder de façon rapide à l'ensemble des informations concernant son projet. L'ergonomie de l'intranet, ou du vecteur de communication choisi, pour diffuser ces

informations est un critère essentiel pour l'acceptation de ces approches. Les utilisateurs doivent accéder de façon simple et rapide aux informations qui les intéressent.

De plus, les utilisateurs peuvent rapidement accéder aux informations concernant les interfaces de leur métier, que ce soit les interfaces des processus dans lesquels ils interviennent mais aussi aux informations concernant le système informatique. Les modèles mettent ainsi en commun le travail de chacun, capitalisant les savoir-faire, favorisant le dialogue entre les différents acteurs et offrant des analyses pertinentes. Cette communication est particulièrement visible lors de la spécification des besoins entre les maîtres d'ouvrage métier et les maîtres d'œuvre informatique. La modélisation centralisée facilite la communication entre les responsables métier, informatique et le management en définissant un langage commun. Cet apport rejoint bien la nécessité d'une visibilité d'ensemble sur le système d'information.

Le dernier point concerne bien sur les possibilités d'amélioration du système d'information grâce à ces modélisations. La connaissance du patrimoine permet de déterminer rapidement les domaines qui nécessitent une amélioration et une intervention rapide. Par ailleurs, la conservation des besoins métier, au travers des fonctionnalités attendues, permet une meilleure compréhension des contraintes justifiant l'existant. Elle facilite aussi l'analyse de l'écart entre les besoins fonctionnels et l'existant. Chaque projet peut être évalué avant chaque début de réalisation permettant d'analyser les impacts du changement.

IV.5.2 Les limites de la modélisation

Dans le cadre de la réalisation des modèles, l'approche de cartographie et la maturité autour de la notion de processus ont fortement progressé. Les différents acteurs du système d'information ont pris conscience de la nécessité de décrire les processus et d'intégrer ces approches dans leur système de gestion. Malgré cela, au niveau de la modélisation des processus, celle-ci est restée marginale en dehors des approches qualité en raison de l'absence d'une volonté forte des responsables de haut niveau. L'introduction de ces approches dans les organisations nécessite un fort appui hiérarchique indispensable à la sensibilisation des concepts et à la mise en place de mode de travail associé.

L'une des difficultés majeures de la modélisation d'entreprise est le maintien à jour du référentiel. L'objectif n'est pas de faire uniquement une photographie de l'existant mais de faire vivre le référentiel pour qu'il fournisse au quotidien des informations utiles à ses utilisateurs. Comme nous l'avons vu, seule une intégration de cette mise à jour dans les activités des acteurs de l'entreprise permet la continuité dans le temps de ces outils mais cela nécessite un effort constant.

Par ailleurs, les formalismes introduits dans notre modèle nécessitent une compréhension des concepts qui le construisent. Cette assimilation n'est pas simple pour les acteurs métiers qui doivent se plier aux formalismes choisis. Cette difficulté se ressent dans la qualité des modélisations recueillies. Cette faiblesse influe sur le traitement des informations pour construire le diagnostic et implique un filtrage des données pour garantir leur cohérence et leur exhaustivité. Des mécanismes fournis dans les outils de modélisation d'entreprise permettent de vérifier la cohérence des modélisations ou de mettre en évidence les manques. Pourtant, cette difficulté ne peut être complètement surmontée que par la formation des acteurs impliqués dans la modélisation, par la rigueur apportée au suivi de la construction des modèles et par la sensibilisation de tous les acteurs de l'entreprise à ces approches.

V. La clusterisation des processus

La modélisation d'entreprise et la constitution d'un référentiel d'entreprise ont été mises en œuvre de façon opérationnelle dans la société STMicroelectronics. En s'appuyant sur ce recueil de donnée, nous allons démontrer la faisabilité de la démarche de clusterisation des processus et des diagnostics qui lui sont associés afin de valider les approches développées. L'objectif des paragraphes suivants est d'appliquer la méthode décrite dans le chapitre V sur la clusterisation des processus en se basant sur les informations modélisées dans le référentiel.

V.1 Le calcul des dépendances

V.1.1 La démarche mise en oeuvre

Les démarches de modélisation d'entreprise permettent de greffer de façon flexible des outils d'aide à la décision sur les modèles. Ainsi, une fois le système d'information modélisé, les modèles contiennent les informations nécessaires à la définition des dépendances comme décrit dans le chapitre V.

Pour la clusterisation des processus, nous avons suivi la démarche décrite dans la figure VII.72.

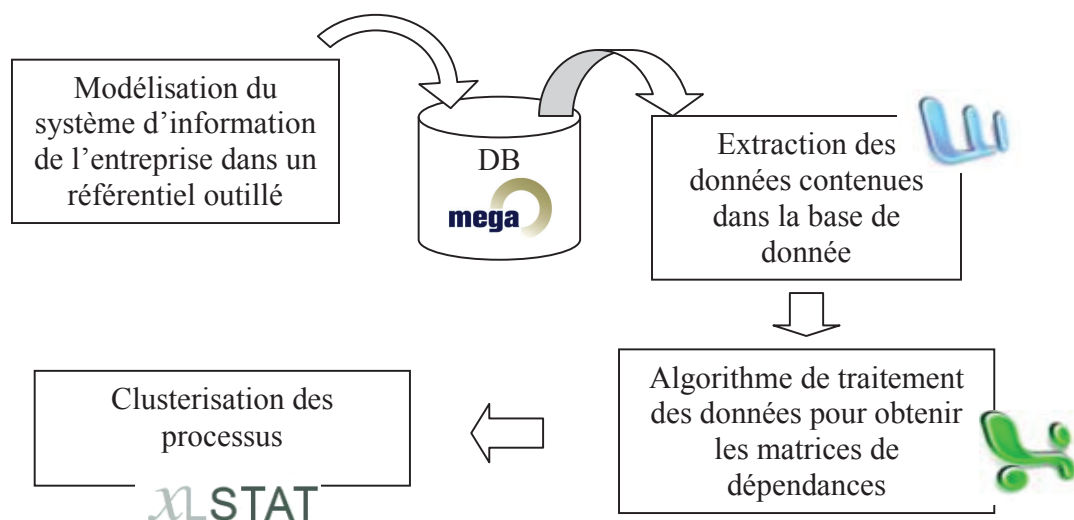


figure VII.72 : Démarche opérationnelle de clusterisation des processus

Les modèles d'entreprise sont saisis dans l'outil de modélisation d'entreprise MEGA®, de la société MEGA. Ils contiennent les objets manipulés par les processus et les liens existants entre eux qui correspondent aux informations nécessaires aux calculs des dépendances entre les processus. Elles sont ensuite retranscrites dans Excel où des algorithmes les traitent pour obtenir les matrices de dépendances entre les processus en se basant sur les formules décrites dans le chapitre V paragraphes III et IV. Les tableaux de dépendances obtenus sont ensuite traités avec le logiciel XLStat® de la société Adinsoft pour obtenir les dendrogrammes représentant les hiérarchies de clusters de processus.

V.1.2 Les données d'entrée utilisées

Le tableau VII.9 reprend les processus qui ont été modélisés et qui seront utilisés dans cette étude de cas. L'étude de cas contient 15 processus. Ces processus sont des processus supports de la fabrication des wafers. Les dénominations qui seront reprises dans la suite de l'étude de cas sont les dénominations en italique (Ces dénominations sont en anglais en raison de l'utilisation de l'anglais dans le référentiel d'entreprise).

Dénomination du processus	Description du processus
Quarterly Capacity Planning – <i>QCAP</i>	Processus trimestriel de planification de la capacité de fabrication allouée à chaque usine selon les produits et les technologies à horizon de deux ans.
Planification de la production – <i>Exe. planning</i>	Réalisation du plan de fabrication définissant les priorités de fabrication des wafers dans une usine
Capacity Requirement Planning – <i>CRP</i>	Processus mensuel de planification de la capacité de fabrication allouée à chaque usine selon les produits et les technologies à horizon de deux ans.
Gestion de la Demande Client – <i>Cust. Demand</i>	Réception des commandes clients et planification de la date de livraison.
Capital Approval Request – <i>CAR</i>	Processus de traitement des demandes d'investissement pour la fabrication en Front-End des puces.
Gestion des changements liés à la production – <i>PCM</i>	Processus de soumission, d'acceptation, de mise en œuvre et de validation d'une demande de changement dans le fonctionnement de la production (procédés, équipements, route des produits...)
Gestion des Lots Non Conformés – <i>NCL</i>	Processus d'analyse et de traitement des lots déclarés non conformes au cours de la production.
Gestion des Scraps – <i>Scrap</i>	Processus de gestion des plaquettes déclarées mauvaises afin de définir l'origine des défauts et de mettre en place des actions correctives.
Planification des Mainténances Préventive – <i>PM Def.</i>	Processus de planification des maintenances préventives sur les équipements de production
Réalisation des Mainténances Préventives – <i>PM Realisation</i>	Processus de réalisation des maintenances préventives sur les équipements de production.
Formation des opérateurs – <i>Op formation</i>	Processus de formations des opérateurs (nouveaux arrivants ou qualification sur un nouvel équipement) afin d'être qualifié sur des équipements de production.
Formation des formateurs des opérateurs – <i>TP Formation</i>	Processus de formation spécifique des opérateurs pour devenir formateur des nouveaux arrivants.
Gestion des spécifications équipements – <i>Specif Mgt</i>	Processus de création ou de modification des spécifications décrivant les modes opératoires à suivre sur les équipements par les opérateurs qualifiés.
Processus de transfert des équipements – <i>FE Eqt transfer</i>	Processus permettant de transférer des équipements de production entre deux sites de la société.
Gestion des masques – <i>RAT process</i>	Processus de gestion des masques servant en lithographie à la gravure des circuits sur le silicium.

tableau VII.9 : Liste des processus de l'étude de cas

Dans la suite de cette partie, nous allons reprendre la méthode présentée dans le chapitre V (voir figure VII.73) permettant de définir la dépendance entre deux processus en se basant cette fois-ci sur le cas d'étude afin de montrer la faisabilité de l'ensemble de la démarche.

Les calculs de dépendance sont illustrés par le cas de la dépendance d'acteur entre le processus de *gestion de scrap* et le processus de *gestion du changement*. Le calcul des dépendances de ressource et d'information suivent la même procédure.

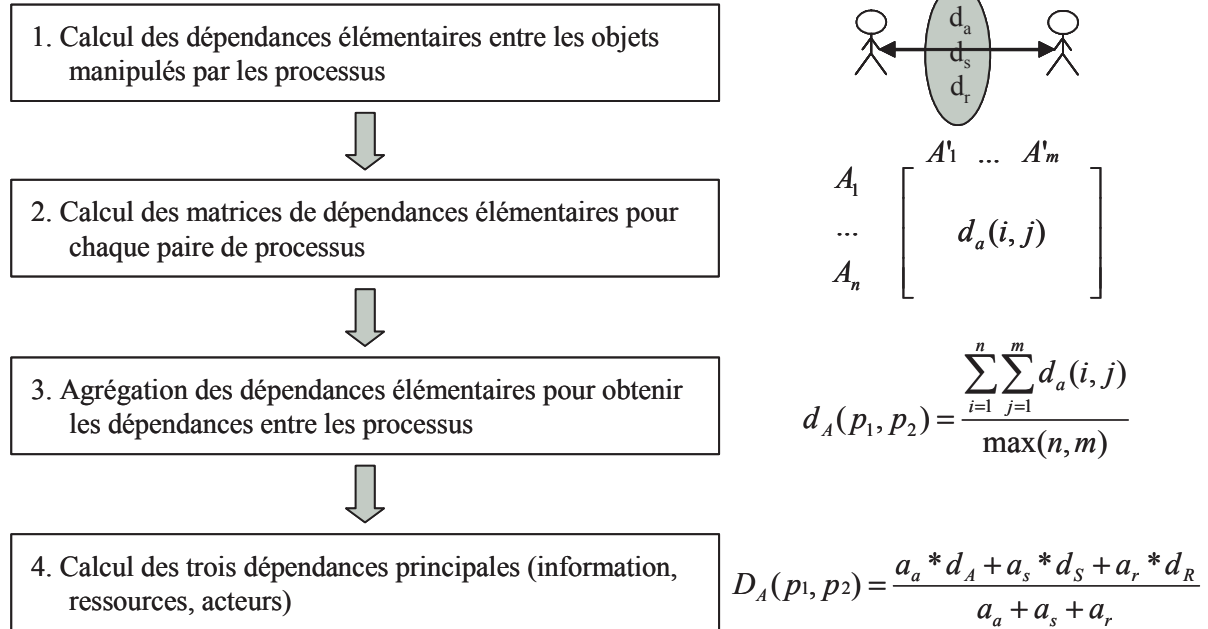


figure VII.73 : Représentation schématique du mécanisme d'agrégation pour la dépendance d'acteur

V.1.3 Le calcul des dépendances élémentaires

Cette partie correspond à la première étape de la figure VII.73.

• Calcul de la dépendance structurelle des acteurs - d_s

La dépendance d_s entre deux acteurs A_1 et A_2 se calcule de la façon suivante :

Si $\text{Max}(\text{prof}(A_1), \text{prof}(A_2)) - \text{prof}(\text{PAC}(A_1, A_2)) < \alpha$ alors $d_s(A_1, A_2) = 1$ Sinon $d_s(A_1, A_2) = 0$

La structure hiérarchique de l'entreprise permet d'identifier la profondeur du plus petit ancêtre commun (PAC) entre chaque couple d'acteurs. Le tableau suivant montre pour chacun des acteurs des deux processus choisis la structure hiérarchique à laquelle il appartient (au travers des unités organisationnelles auxquelles il appartient). Dans le cas de la société STMicroelectronics, l'étude de la structure organisationnelle a permis d'évaluer que lorsque deux acteurs étaient séparés par plus de trois organisations, ils n'étaient généralement plus dépendants organisationnellement. La valeur de la variable *alpha* est donc de 4.

Donc seuls quatre niveaux sont repris dans le tableau VII.10. La valeur 1 est utilisée s'il existe un ancêtre commun sur quatre niveaux et la valeur 0 est utilisée quand il n'y a aucun ancêtre commun.

	<i>Gestion du Changement</i>			Ingénieur Dev	Process Contr	Ingénieur contr	Ingénieur Qua	Ingénieur proc	Marketeur	Ingénieur Equ	Responsable M
	Rousset Devic	Process Contr	Rousset - Plan	TQCR	Rousset Proce	R8 Device / P	Equipment En	Rousset Wafe	Rousset Wafe	Rousset Wafe	Rousset Wafe
<i>Gestion des Scraps</i>	Rousset Wafe	Rousset Wafe	Rousset Wafer	Rousset Wafer	Fabs Operatio	France	France	France	France	France	Manufacturing
Technicien Pr	France EWS F	France EWS F	EWS France								
Ingénieur contr	Planning	Production Co	Rousset - Plan								
Technicien Pr	ESM	Etch / Implant	R8 Wafer Fab								
Ingénieur Dev	Rousset Devic	R8 Device / P	Rousset Wafe								
Expert Scrap	Scrap Manager	R8 Device / P	Rousset Wafe								
Ingénieur proc	Rousset Proce	Rousset Wafe	France								

tableau VII.10 : Matrice de la dépendance structurelle entre les acteurs

La fonction d'agrégation suivante est appliquée à la matrice de dépendance structurelle entre les acteurs (étape 2 de la figure VII.73).

$$d_1(p_1, p_2) = \frac{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m d_{i,j}}{n * m}$$

La dépendance structurelle d_s entre les processus *Gestion du Changement* et *Gestion des scraps* est de 0,44.

- **Dépendance de rôle des acteurs - d_R**

Le tableau VII.11 ci-après identifie les différents rôles pour des processus *Gestion des scraps* et *Gestion du Changement*.

	Device	Division	Equipment Engineering	Manuf.	Process Control	Process Engineer	Production Control	Quality Assurance
Device	1	0	0	0	0	0	0	0
EWS Process Tech	0	0	0	0	0	0	0	0
Plant Scrap Champion	0	0	0	0	0	0	0	0
Plant Technician	0	0	0	0	0	0	0	0
Process Engineer	0	0	0	0	0	1	0	0
Production Control	0	0	0	0	0	0	1	0

tableau VII.11 : Matrice des dépendances de rôle

La fonction d'agrégation $d_2(p_1, p_2) = \frac{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m d_{i,j}}{\max(n, m)}$ appliquée à la matrice de dépendance fournit pour la dépendance de rôle d_R la valeur de 0,37.

- **Partage d'acteurs – d_A**

Les deux processus partagent deux acteurs – l'ingénieur Device et l'ingénieur Process (voir tableau VII.10). Les noms des acteurs ont été modifiés pour des raisons de confidentialité et remplacés par des intitulés génériques. La procédure de calcul est la même que pour les rôles. Les acteurs des deux processus sont comparés dans une matrice qui est agrégée avec la fonction d'agrégation $d_2(p_1, p_2)$ et d_A prend la valeur 0,25.

V.1.4 L'agrégation des dépendances

Les dépendances élémentaires entre chaque couple de processus d_A , d_R , d_S , d_O , d_{AP} , d_F sont ensuite agrégées pour fournir les trois dépendances principales D_R , D_D , D_A (étape 4 de figure VII.73). Ensuite, ces trois dépendances principales sont associées pour calculer la dépendance globale D qui regroupe l'ensemble des dépendances que nous avons identifiées dans le système d'information.

Les coefficients de pondération utilisés pour effectuer ces agrégations peuvent être adaptés selon l'orientation souhaitée pour le diagnostic. Dans cette étude, l'objectif est de mettre en avant des dépendances structurelles existantes dans le système d'information, notamment en se basant sur les couches génériques introduites dans le méta-modèle. Pour la dépendance d'acteur, les rôles sont donc mis en avant car ce sont les invariants nécessaires au bon fonctionnement des processus. La dépendance de flux d_F et la dépendance structurelle d_S sont des dépendances indirectes associées aux applications et aux acteurs. De ce fait, elles représentent une contrainte moindre pour la gestion de l'évolution, traduite par un coefficient de 0.5 dans les agrégations.

$$\left. \begin{aligned} D_A &= \frac{1 * d_A + 0.5 * d_S + 2 * d_R}{3.5} \\ D_{RE} &= \frac{1 * d_{AP} + 0.5 * d_F}{1.5} \\ D_D &= d_O \end{aligned} \right\} D = D_A + D_{RE} + D_D$$

Soit dans le cas de l'exemple présenté dans le paragraphe précédent :

$$D_A = \frac{1 * 0,25 + 2 * 0,375 + 0,5 * 0,44}{3,5} = 0,35.$$

Cette valeur peut être retrouvée dans le tableau VII.12 représentant la matrice des dépendances d'acteur entre tous les couples de processus.

V.2 Les graphes de dépendances

Les dépendances présentées dans le paragraphe précédent sont calculées pour les trois pôles de dépendance (acteur, ressource, information) et pour tous les couples de processus. Les tableaux des pages suivantes (tableau VII.12, tableau VII.13, tableau VII.14) représentent les dépendances d'acteur entre tous les processus étudiés.

Ces matrices fournissent les données de départ pour l'analyse mathématique de clusterisation. Pour effectuer les analyses mathématiques de classification hiérarchique, nous avons utilisé le logiciel de XLStat® de la société Addinsoft. La matrice subit une classification hiérarchique ascendante (CAH) dans laquelle le calcul du critère d'agrégation utilise la méthode de Ward (qui minimise la perte d'inertie à la constitution de chaque nouveau cluster). Cette approche nous permet aussi, grâce au calcul des sauts d'inertie lors de la constitution des regroupements, de positionner le niveau de troncature lors de la perte d'inertie la plus importante. Les dendrogrammes obtenues pour les trois dépendances sont détaillés pages suivantes.

V.2.1 La dépendance d'acteur - D_A

	CRP	CAR	Cust. Demand	FE Eq't transfe	Exe. Planning	NCL	Op formation	PM Def	PM realisation	PCM	QCAP	Scrap	Specif mgt	RAT process	TP formation
CRP	1	0,07	0,28	0,00	0,09	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,44	0,00	0,00	0,00	0,00
CAR	0,07	1	0,03	0,00	0,04	0,02	0,01	0,01	0,01	0,06	0,11	0,05	0,01	0,00	0,00
Cust. Demand	0,28	0,03	1	0,00	0,26	0,03	0,00	0,00	0,02	0,01	0,14	0,00	0,01	0,00	0,00
FE Eq't transfe	0,00	0,00	0,00	1	0,00	0,00	0,01	0,18	0,00	0,08	0,00	0,00	0,00	0,00	0,10
Exe. Planning	0,09	0,04	0,26	0,00	1	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,26	0,02	0,00	0,00	0,00
NCL	0,00	0,02	0,03	0,00	0,00	1	0,16	0,03	0,15	0,30	0,00	0,17	0,31	0,02	0,10
Op formation	0,00	0,01	0,00	0,01	0,00	0,16	1	0,03	0,00	0,05	0,00	0,15	0,23	0,01	0,27
PM Def	0,00	0,01	0,00	0,18	0,00	0,03	0,03	1	0,21	0,24	0,00	0,04	0,19	0,00	0,14
PM realisation	0,00	0,01	0,02	0,00	0,00	0,15	0,00	0,21	1	0,08	0,00	0,02	0,18	0,00	0,00
PCM	0,00	0,06	0,01	0,08	0,00	0,30	0,05	0,24	0,08	1	0,00	0,35	0,10	0,00	0,14
QCAP	0,44	0,11	0,14	0,00	0,26	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1	0,05	0,00	0,00	0,00
Scrap	0,00	0,05	0,00	0,00	0,02	0,17	0,15	0,04	0,02	0,35	0,05	1	0,02	0,01	0,02
Specif mgt	0,00	0,01	0,01	0,00	0,00	0,31	0,23	0,19	0,18	0,10	0,00	0,02	1	0,02	0,13
RAT process	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,02	1	0,12
TP formation	0,00	0,00	0,00	0,10	0,00	0,10	0,27	0,14	0,00	0,14	0,00	0,02	0,13	0,12	1

tableau VII.12 : Matrice des dépendances d'acteur entre les processus

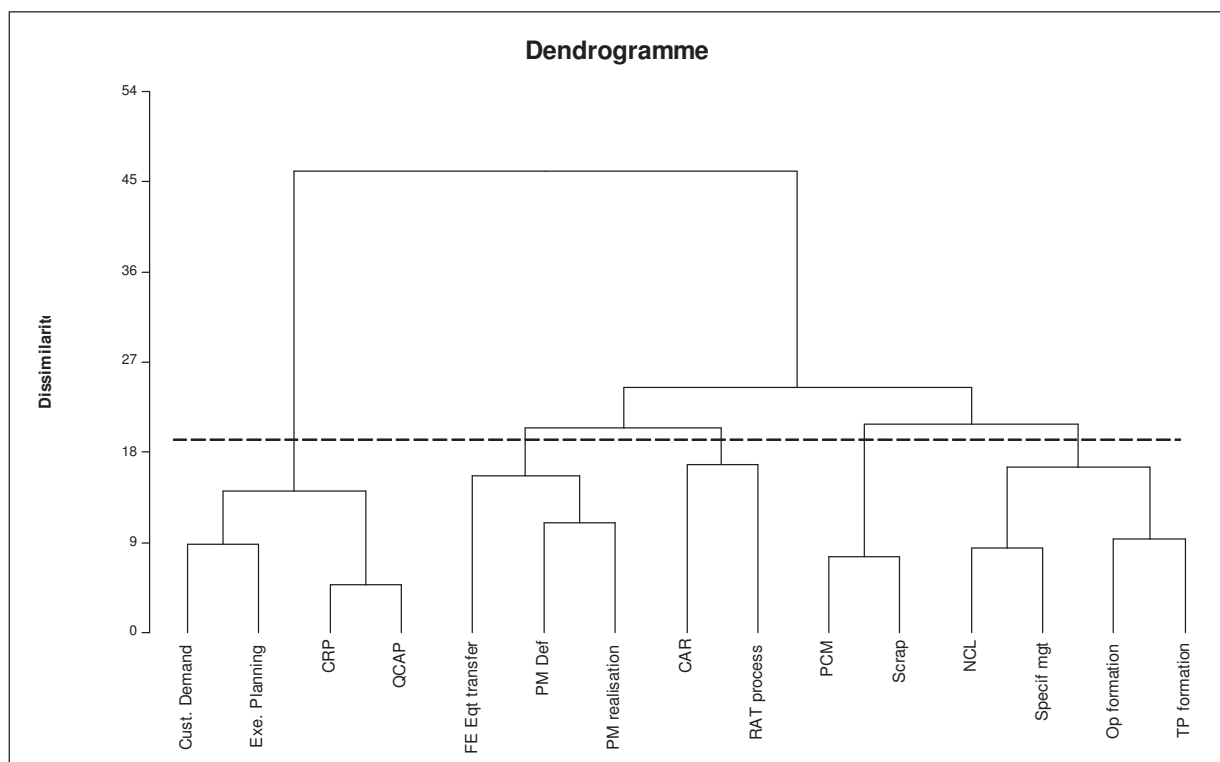


figure VII.74 : Dendrogramme de la dépendance d'acteur

V.2.2 La dépendance de ressource – D_{RE}

	CRP	CAR	Cust. Demand	FE Eq transfer	Exe. Planning	NCL	Op formation	PM Def	PM realisation	PCM	QCAP	Scrap	Specif mgt	RAT process	TP formation
CRP	1	0,04	0,19	0,00	0,03	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	0,00	0,00	0,02	0,00	0,00
CAR	0,04	1	0,00	0,00	0,04	0,00	0,00	0,00	0,00	0,05	0,00	0,00	0,05	0,00	0,00
Cust. Demand	0,19	0,00	1	0,00	0,10	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
FE Eq transfer	0,00	0,00	0,00	1	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Exe. Planning	0,03	0,04	0,10	0,00	1	0,13	0,14	0,03	0,25	0,14	0,00	0,13	0,02	0,00	0,03
NCL	0,00	0,00	0,00	0,00	0,13	1	0,32	0,04	0,34	0,30	0,00	0,30	0,00	0,00	0,04
Op formation	0,00	0,00	0,00	0,00	0,14	0,32	1	0,05	0,36	0,29	0,00	0,31	0,00	0,00	0,32
PM Def	0,00	0,00	0,00	0,00	0,03	0,04	0,05	1	0,32	0,03	0,00	0,03	0,26	0,00	0,04
PM realisation	0,00	0,00	0,00	0,00	0,25	0,34	0,36	0,32	1	0,30	0,00	0,32	0,00	0,00	0,09
PCM	0,02	0,05	0,00	0,00	0,14	0,30	0,29	0,03	0,30	1	0,00	0,27	0,04	0,00	0,02
QCAP	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1	0,00	0,00	0,00	0,00
Scrap	0,00	0,00	0,00	0,00	0,13	0,30	0,31	0,03	0,32	0,27	0,00	1	0,00	0,00	0,05
Specif mgt	0,02	0,05	0,00	0,00	0,02	0,00	0,00	0,26	0,00	0,04	0,00	0,00	1	0,00	0,00
RAT process	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1	0,00
TP formation	0,00	0,00	0,00	0,00	0,03	0,04	0,32	0,04	0,09	0,02	0,00	0,05	0,00	0,00	1

tableau VII.13 : Matrice des dépendances de ressource entre les processus

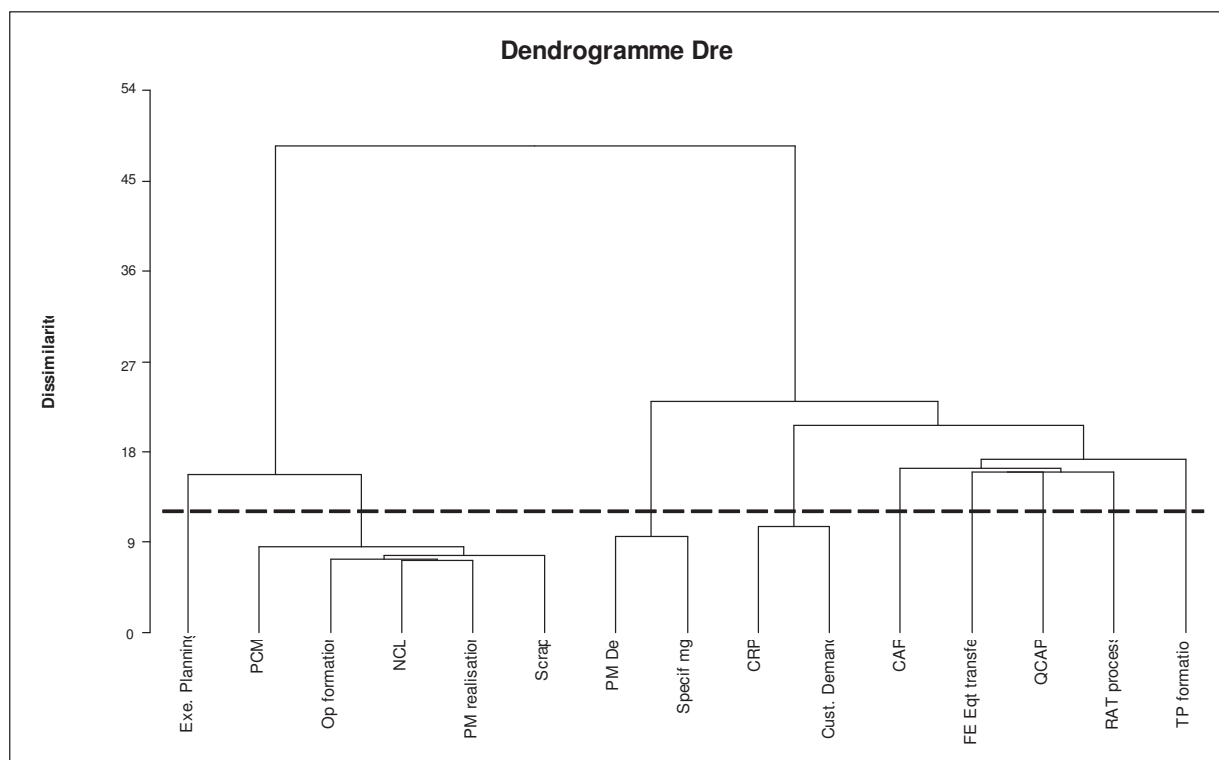


figure VII.75 : Dendrogramme de la dépendance de ressource

V.2.3 La dépendance d'information - D_D

	CRP	CAR	Cust. Demand	FE Eq't transfe.	Exe. Planning	NCL	Op formation	PM Def	PM realisation	PCM	QCAP	Scrap	Specif mgt	RAT process	TP formation
CRP	1	0,00	0,07	0,00	0,07	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,13	0,00	0,00	0,00	0,00
CAR	0,00	1	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Cust. Demand	0,07	0,00	1	0,00	0,07	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,11	0,00	0,00	0,00	0,00
FE Eq't transfer	0,00	0,00	0,00	1	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Exe. Planning	0,07	0,00	0,07	0,00	1	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
NCL	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,18	0,00	0,00	0,00
Op formation	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,33
PM Def	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1	0,29	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
PM realisation	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,29	1	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
PCM	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
QCAP	0,13	0,00	0,11	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1	0,00	0,00	0,00	0,00
Scrap	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,18	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1	0,00	0,00	0,00
Specif mgt	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1	0,00	0,00
RAT process	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1	0,00
TP formation	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,33	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1

tableau VII.14 : Matrice des dépendances d'information entre les processus

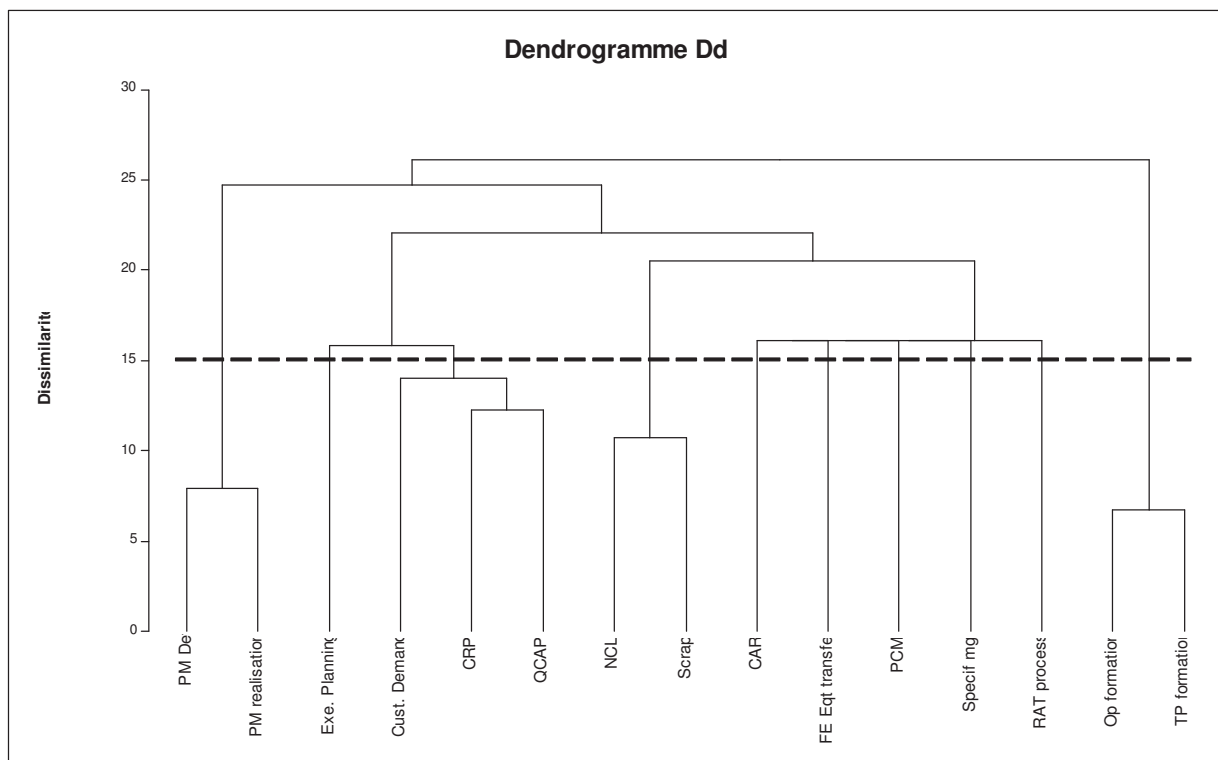


figure VII.76 : Dendrogramme de la dépendance d'information

VI. Le diagnostic du système d'information

Dans les paragraphes précédents, nous avons mis en évidence les liens de dépendance entre les processus afin de constituer des regroupements fortement dépendants. Cette structuration est la première étape de mise en forme de l'information nécessaire au diagnostic du système d'information.

Dans les paragraphes suivants, nous allons nous appuyer sur ces cartes de clusters afin d'analyser le système existant. Dans un deuxième temps, nous analyserons les évolutions introduites par un projet d'amélioration du processus de *gestion des changements*.

VI.1 L'analyse de l'existant

VI.1.1 La cohérence des dimensions du système d'information

La cohérence des dimensions du système d'information étudie les trois composantes des dépendances que nous avons choisies dans le système d'information (ch.VI §II.3.1). L'objectif est de repérer des configurations pouvant engendrer des faiblesses dans l'organisation des processus. Pour cela, l'étude s'appuie sur les trois cartes de clusters des dépendances principales (acteur, ressource, information) qui identifient les liens forts entre les processus.

La comparaison des trois cartes fournit la matrice suivante (

tableau VII.15). Lorsque deux processus appartiennent au même cluster, le lien est identifié par les lettres A, R et I en fonction de la carte qui est étudiée (A pour la carte acteur, R pour la carte ressource, I pour la carte information). Pour chaque couple de processus, la configuration est identifiée par la combinaison de ces lettres.

	CRP	CAR	Cust. Demand	Exe. Planning	FE Eqt transfer	NCL	Op formation	PM Def	PM realisation	PCM	QCAP	Scrap	Specif mgt	RAT Process	TP formation
CRP	X		AR	A							A				
CAR		X													
Cust. Demand			X	A							A				
Exe. Planning				X							A				
FE Eqt transfer					X			A	A						
NCL						X	R	R	AR			ARI	A		
Op formation							X	R	R	R		R		A	AI
PM Def								X	AI				R		
PM realisation									X	R		R	AR	A	
PCM										X		AR	A		
QCAP											X				
Scrap												X	A		
Specif mgt													X	R	
RAT Process														X	A
TP formation															X

tableau VII.15 : Matrice des configurations entre les dimensions du système d'information

Dans le chapitre VI, nous avons identifié l'ensemble des configurations possibles et au sein de celles-ci, celles nécessitant une étude approfondie (elles sont reprises en gras dans la matrice précédente).

Dans l'étude, trois de ces configurations identifiant des problèmes éventuels apparaissent (AR, R et AI). Elles sont des signaux d'alarmes et doivent être étudiées plus précisément afin d'identifier les causes possibles d'incohérences.

La configuration « *R* » correspond à des couples de processus partageant de nombreuses ressources. Elle identifie l'existence d'applications qui répondent à des besoins métiers différents, que ce soit par les acteurs impliqués et les informations manipulées.

Dans notre cas, tous les couples possédant cette configuration ont en l'occurrence la même application commune : Workstream. Cette application est l'outil de MES (Manufacturing Execution System) utilisé en fabrication. Cet outil est le cœur du système d'information lié à la production et est utilisé pour tout le suivi de la fabrication. Il est donc normal qu'il intervienne dans de nombreux processus et dans des domaines métiers séparés.

La deuxième configuration qui apparaît est la configuration « *AI* ». Elle apparaît pour les couples de processus suivants :

- Formation des formateurs des opérateurs (TP formation) / Formation des opérateurs (Op formation)
- Planification (PM Def) / Réalisation des maintenances préventives (PM realisation)

Cette configuration suggère la nécessité d'une application liant chacun des deux couples de processus. Or, dans les deux cas, il existe déjà des outils les liant. Les formations des opérateurs et des formateurs sont suivies avec le même outil. L'outil utilisé pour la planification des maintenances est bien sûr utilisé dans leurs réalisations.

Dans le cas présent, ces deux configurations soulignent les limites de la clusterisation. En effet, la présence d'une application très centrale (Workstream) influe sur la construction des clusters. Ainsi, les processus *PM realisation* et *Op. Formation* se retrouvent rattachés aux autres processus qui utilisent l'application Workstream. La seconde configuration n'est donc pas représentative dans ce cas d'une incohérence puisque ces couples de processus possèdent malgré tout une application commune.

La dernière configuration est « *AR* ». Elle apparaît pour les couples de processus suivants :

- Gestion du changement (PCM) / Gestion des scraps (scraps)
- Gestion du changement (PCM) / Gestion des lots non conformes (NCL)

Pour chaque couple, les acteurs des deux processus sont proches et utilisent la même application pour réaliser des processus avec des objectifs différents. Pour le premier couple *PCM / scraps*, c'est toujours l'application MES Workstream qui unit les deux processus adressant des problématiques différentes.

L'étude approfondie de la cohérence des dimensions montre dans les deux cas des incohérences dans le système d'information. Cette configuration souligne fortement des manques dans l'implémentation de ces processus dans le système informatique, ce qui peut engendrer d'importantes lacunes dans leur exécution. Le diagnostic se base sur une synthèse de l'ensemble des dépendances du système d'information qu'il serait difficile d'obtenir sans notre méthodologie.

Par ailleurs, il est important de souligner que les processus de gestion du changement et de gestion des lots non conformes font actuellement l'objet de projets majeurs visant à améliorer ces processus.

La configuration « I » n'apparaît pas ; elle correspond à un manque possible de support informatique. Or, chez STM, la plupart des processus liés à la production sont fortement outillés. Cette configuration est donc peu probable, les problématiques sont plus généralement liées à la réponse des besoins métiers et à l'intégration entre les applications.

Conclusion de l'étude de l'existant

Dans le cadre de cette étude, les données, que nous avons pu recueillir, ne nous ont pas permis de mettre en œuvre les indicateurs de maturité et d'apport stratégique des clusters.

L'analyse de la cohérence des dimensions du système d'information a souligné deux configurations problématiques. L'usage de cet indicateur montre que nous fournissons un premier niveau de diagnostic mais que l'analyse finale requiert l'expertise des acteurs de l'entreprise pour approfondir et valider les alarmes détectées.

Ce cas d'étude montre des perspectives intéressantes sur les apports d'un tel indicateur. Sa mise en œuvre sur des cas plus étendus permettra de mettre en valeur sa puissance d'analyse, afin d'appuyer les résultats quelque peu élémentaires qui peuvent ressortir de ce cas d'étude.

Dans le paragraphe suivant, nous allons étudier plus particulièrement le projet visant à l'amélioration du processus de *gestion du changement* et voir comment les évolutions introduites par ce projet orientent la structure du système d'information.

VI.2 L'analyse du changement : le projet PCM

Le processus de *gestion du changement* fait l'objet d'un projet majeur dans le système d'information. Il permet d'évaluer toute demande d'améliorations intervenant dans la fabrication des wafers (route des produits sur les équipements, recette des équipements, procédé de fabrication...). Les changements sont très fréquents, il peut y en avoir plusieurs dizaines par mois.

Ces changements de la production sont très critiques en microélectronique car ils peuvent entraîner la destruction de plaquettes (scraps). Le suivi de ces modifications est donc un processus très sensible. En effet, en 2004, l'analyse du rendement a montré que 30% des plaquettes « scrap » et 50% des pertes de rendement sur la production des plaquettes étaient liés à un changement introduit dans la fabrication. Les principales causes sont, entre autres, les changements introduits dans les recettes des équipements, le manque de rigueur dans les plans de qualification du changement, le manque de traçabilité entre les organisations ou encore le manque d'échanges sur les changements déjà introduits dans les différents sites de la société.

Pour rester compétitive, STMicroelectronics a besoin de réduire ses coûts d'exploitation et d'améliorer sa rentabilité tout en conservant le même niveau de production. Ainsi, le processus de *gestion du changement* a été identifié comme une source d'amélioration des rendements.

Les objectifs du projet sont l'amélioration du rendement de la fabrication grâce à un meilleur suivi des changements, à l'utilisation des meilleures pratiques sur tous les sites et à la capitalisation et au partage des changements entre les sites.

VI.2.1 Les évolutions du processus PCM

Le projet lié au processus de gestion du changement se décompose en deux phases complémentaires. La première phase est la définition du processus servant de référence, c'est-à-dire rassemblant l'ensemble des meilleures pratiques liées à l'organisation du processus et aux méthodes de travail. Cette phase passe par la connaissance de l'ensemble des pratiques utilisées sur les différents sites de l'entreprise.

La deuxième phase correspond à la mise en place d'un outil de workflow pour soutenir le processus de bout en bout afin d'assurer le respect des pratiques mises en place et la traçabilité des demandes de changement. C'est cette deuxième phase qui va impacter l'organisation du système d'information.

La mise en place d'un workflow permet d'une part d'automatiser le processus et l'enchaînement de ces tâches et d'autre part de fournir à chaque étape les informations nécessaires à leur réalisation en s'intégrant avec les applications existantes du système d'information. Cette approche modifie les liens existants dans le système informatique et influence la construction des cartes de clusters des ressources. Dans les paragraphes suivants, nous allons détailler comment ce choix influence les dépendances et quels sont les impacts de cette orientation.

VI.2.2 L'effort de transformation

Dans la chapitre VI, nous avons introduit une grille d'analyse des projets d'évolution qui s'appuie sur l'évaluation des impacts dans le système d'information. Cette évaluation se base sur deux indicateurs :

$$Etendue = \frac{nb \text{ liens modifiés}}{nb \text{ de liens}} \text{ et } Amplitude = \frac{\sum a_{ij}}{nb \text{ liens modifiés}}$$

où les a_{ij} sont les écarts dépendances initiales (a_i) et finales (a_j) des liens modifiés.

Les tableaux suivants (tableau VII.16) montrent l'évolution des clusters de processus pour la dépendance des ressources. Deux processus appartenant à un même cluster sont représentés à la valeur 1. Les modifications du système d'information ont entraîné des modifications dans la constitution des clusters. Le processus de *gestion du changement* n'appartient plus au même cluster dans la situation finale. Les processus n'appartenant à aucun cluster ne sont pas repris dans ces tableaux. Le cadre en pointillé délimite la zone dans laquelle le changement est impactant et qui constituera le périmètre d'étude pour ce changement. En effet, les processus *CRP* et *Cust. Demand* ne sont pas impactés par ce projet d'évolution.

Matrice des clusters	Situation initiale										Situation finale									
	CRP	Cust. Demand	Exe. Planning	NCL	Op formation	PM Def	PM real	PCM	Scrap	Specif mgt	CRP	Cust. Demand	Exe. Planning	NCL	Op formation	PM Def	PM realisation	PCM	Scrap	Specif mgt
CRP	1	1									1	1								
Cust. Demand	1	1									1	1								
Exe. Planning			1										1					1		
NCL				1	1		1	1	1					1	1		1		1	
Op formation				1	1		1	1	1					1	1		1		1	
PM Def						1				1						1				1
PM real				1	1		1	1	1					1	1		1		1	
PCM				1	1		1	1	1								1			
Scrap				1	1		1	1	1									1		
Specif mgt						1				1						1				1

tableau VII.16 : Matrices des clusters de ressource pour les configurations initiales et finales du système d'information

Le calcul des indicateurs liés à l'effort de transformation donne les résultats suivants.

$$Etendue = \frac{13}{64} = 0,2 \text{ et } Amplitude = 0,07$$

Le premier indicateur montre que les modifications introduites entraînent une propagation assez importantes dans les processus concernés par le périmètre du changement, en ce qui concernent les applications qu'ils utilisent. Par contre, l'amplitude confirme le fait que cette solution propose une évolution qui n'impacte que faiblement les autres processus du périmètre.

Nous soulignerons ici que les valeurs de ces indicateurs ne peuvent être proches de 1 étant donné le mode de calcul. Celui-ci prend en compte l'ensemble des données de la matrice ce qui « écrase » la valeur des résultats obtenus. Il est important de ne pas sous-estimer les valeurs pouvant être obtenues. En effet, l'identification d'une modification dans la structure des clusters, même minime correspond à de forts bouleversements dans la structure du système d'information.

VI.2.3 L'évolution des indicateurs de qualité

La seconde approche que nous avons introduite pour évaluer les différentes possibilités d'évolution est l'utilisation d'indicateurs de qualité sur les cartes de clusters. L'évolution de ces indicateurs montre l'influence structurelle du changement sur le système d'information.

Indicateur	Système initial	Système final	Evolution
Degré de découplage - D_{inter}	0.98	0.98	⇒
Degré de cohésion interne - D_{intra}	0.65	0.68	↗
Nombre de cluster - Nb	3	4	↗

tableau VII.17 : Evolution des indicateurs de qualité

Le degré de découplage indique la qualité du découplage entre les clusters de processus. Dans le cas présent, le degré de découplage est très fort (plus il tend vers 1 et plus les clusters sont découplés). En effet, les processus d'un cluster sont fortement isolés des autres processus, ce qui n'évolue pas après l'introduction de la modification. Cette constatation est aussi liée aux données de l'étude de cas qui adressent des domaines métiers assez distincts. Les clusters obtenus, en augmentation, constituent donc des unités de gestion fortement indépendantes vis-à-vis des applications informatiques.

Le degré de cohésion interne, c'est-à-dire le degré d'interdépendance entre les processus d'un même cluster, est en légère augmentation (plus il tend vers 1, plus la cohésion est forte).

Conclusion de l'étude de l'évolution du processus PCM

Le projet PCM est un projet dont la priorité est numéro un pour l'année 2006. Son importance est d'autant plus grande qu'il répond aux axes stratégiques que s'est fixé STMicroelectronics. Les choix liés à ce projet nécessitent donc une attention particulière.

Dans une première phase, suite à l'étude des incohérences des dimensions du système d'information, nous avons détecté que ce processus présentait une configuration à risque, notamment vis-à-vis du processus de gestion des scraps.

Dans un deuxième temps, nous avons étudié comment les orientations choisies pour le projet influençaient la structuration du système d'information. Pour cela, nous nous sommes concentrés sur les modifications introduites dans le système informatique. Le processus nécessitait un support informatique afin d'assurer sa traçabilité et d'améliorer les procédures utilisées.

L'ensemble de ces indicateurs (qualité des clusters, alarme sur la cohérence et effort de transformation) montre que le choix d'un outil de workflow permet une amélioration de la structure du système d'information. D'autres gains, comme le temps de cycle, la qualité, sont également aussi apportés par l'utilisation d'un tel outil.

VI.3 Conclusion sur l'utilisation des outils de diagnostic

La mise en œuvre de nos outils de diagnostic sur le cas d'étude montre des résultats encourageants :

- Les deux configurations soulignées par l'analyse de la cohérence du système d'information font actuellement l'objet de projets majeurs pour assurer l'amélioration des processus concernés.
- L'étude à posteriori du projet choisi pour le processus de *gestion du changement (PCM)* montre que les choix mis en œuvre n'impactent que faiblement les autres processus. De plus, ils suppriment l'alarme sur la cohérence du système d'information.

Ces deux points apportent une première validation des diagnostics développés pour l'analyse du système d'information. Le déploiement de ces diagnostics montre la faisabilité de leur mise en œuvre.

Le calcul des dépendances entre les processus et les outils de diagnostic s'appuie sur des concepts complexes mis en évidence dans les chapitres précédents. Malgré tout, leur mise en œuvre reste relativement simple et les calculs rapides. Cette rapidité permet aisément de reprendre la démarche pour plusieurs choix d'évolution.

Cette propriété permet la comparaison de plusieurs solutions ce qui est indispensable pour aider les managers à prioriser les projets ou à évaluer les différentes solutions envisagées. En effet, les outils présentés apportent des informations objectives sur les différents projets d'évolution, sur lesquelles pourront s'appuyer les prises de décisions.

La valeur ajoutée des outils de diagnostic que nous avons développés est principalement issue d'un effort de synthèse des informations contenues dans les modélisations du système d'information. Agrégées, elles répondent mieux aux besoins de comprendre les impacts d'un changement dans le système d'information et ainsi de mieux choisir les évolutions en fonction des objectifs de l'entreprise.

Les outils de diagnostic ont été déployés sur une étude de cas assez restreinte. Ces outils seront d'autant plus pertinents sur des cas plus larges et plus complexes (adressant un plus grand nombre de processus). La mise en oeuvre sur un cas restreint nous a permis de valider les résultats obtenus en les corroborant avec les connaissances des dysfonctionnements des acteurs métiers. L'exploitation sur des cas plus larges permettrait de faire ressortir des dysfonctionnements qui n'auraient pu être détectés en raison de la grande quantité d'informations à traiter.

VII. Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons présenté la mise en oeuvre de la majorité des développements scientifiques que nous avons introduits dans les chapitres précédents.

La plus grande partie de ce chapitre a été consacrée à la mise en place du référentiel d'entreprise et à l'utilisation du méta-modèle que nous avons développé. Cette partie constitue la principale valeur ajoutée opérationnelle pour l'entreprise. L'utilisation de cette approche de modélisation du système d'information a beaucoup mûri pendant toute la durée de ces travaux. De même, l'introduction de la gestion des processus associée aux briques de l'urbanisme organisationnel connaît de nombreux échos dans STMicroelectronics.

Ces approches sont d'ailleurs annoncées comme des axes stratégiques pour les prochaines années. La connaissance du système d'information et sa compréhension deviennent désormais des avantages concurrentiels forts pour les entreprises, notamment dans les multinationales.

La deuxième partie du chapitre a été consacrée à la mise en oeuvre de la clusterisation des processus et du diagnostic du système d'information. Cette étude de cas a montré l'utilisation opérationnelle des concepts introduits dans nos développements scientifiques. Et malgré le cadre restreint de l'étude, des premiers éléments de diagnostic ont pu être mis en place et confirment les orientations choisies sur des projets de changement dans le système d'information.

Tous les diagnostics n'ont pas été testés sur l'étude de cas en raison du nombre encore limité de processus modélisés et du faible déploiement des démarches d'urbanisme du système d'information. L'ensemble de la démarche proposée sera d'autant plus pertinent que le périmètre étudié sera élargi.

Chapitre VIII

Conclusions et Perspectives

I. Conclusions

Dans les travaux décrits dans cette thèse, nous nous sommes intéressés à la problématique de gestion de l'évolution du système d'information dans l'entreprise.

Dans une première partie, nous sommes revenus sur le contexte qui a entraîné cette étude. STMicroelectronics, société internationale et fabricant de puces électroniques, a vu les demandes d'évolutions de son système d'information croître très rapidement pour répondre à des avancées technologiques très rapides dans ce domaine. Face à la complexification de son système d'information et des contraintes de plus en plus fortes de son environnement, la gestion de l'évolution est devenue un enjeu majeur pour l'entreprise. Cette constatation a été à l'origine de nos travaux sur la gestion de l'évolution.

Dans l'état de l'art, nous nous sommes donc intéressés aux méthodologies existantes de gestion de l'évolution dans l'entreprise. Nous avons constaté un manque de méthodologies relatives au système d'information et adressant les problématiques de l'organisation et de ses processus. De plus, les méthodes existantes apportent aux managers peu d'outils avec une base scientifique pour les aider à appréhender la complexité du système d'information et prendre des décisions concernant les choix d'évolutions.

D'un autre côté, l'accélération de l'informatisation des entreprises a aussi entraîné le développement de méthodes adressant la gestion de l'évolution du système informatique et son alignement avec la stratégie de l'entreprise, notamment l'urbanisme du système informatique. Ces méthodologies d'urbanisme du système informatique ont servi de base au développement de notre méthodologie.

Une deuxième partie de l'état de l'art a été consacrée à la modélisation d'entreprise et à la gestion des processus, deux axes forts de notre méthodologie. Les méthodes de modélisation d'entreprise fournissent de nombreuses approches et cadres conceptuels permettant de modéliser l'architecture de l'entreprise. Nous avons vu que ces méthodes conçues dans des contextes particuliers, ne répondent pas à l'ensemble des besoins requis pour notre approche de gestion de l'évolution.

En ce qui concerne la gestion par les processus, elle a connu depuis quelques décennies de nombreux développements qui mettent en évidence la place centrale des processus dans l'organisation de l'entreprise. Le passage à une gestion transversale de l'entreprise, et non plus par métier, est un enjeu pour les entreprises qui veulent améliorer leurs performances et leurs capacités de réactivité. Nous avons donc choisi de donner une place centrale aux processus dans notre démarche.

Pour répondre à la problématique de gestion de l'évolution dans l'entreprise, nous avons donc développé une méthode que nous avons nommée urbanisme organisationnel du système d'information. L'objectif de la méthode est d'apporter de l'aide à la décision pour la gestion des évolutions du système d'information en s'appuyant sur des outils. L'approche choisie adresse principalement les aspects structurels de la gestion du changement, c'est-à-dire le fonctionnement organisationnel de l'entreprise, ses liens, ses contraintes, ses forces afin de comprendre les interrelations au sein du système d'information. De plus, notre approche se concentre uniquement sur les processus informationnels, c'est-à-dire les processus échangeant et traitant des informations.

Notre méthode s'appuie sur trois démarches : l'urbanisme cadastral, l'urbanisme prospectif et l'urbanisme de projet. L'urbanisme prospectif se base sur la connaissance de l'existant fournie par l'urbanisme cadastral et propose, à partir des orientations stratégiques de l'entreprise, de définir des systèmes cibles qui pourront être évalués. Ces évaluations permettront de fournir aux managers un système d'aide à la décision afin de gérer l'évolution du système d'information dans une approche globale. L'urbanisme de projet lui est complémentaire et adresse les phases de mise en œuvre du changement et la gestion opérationnelle des évolutions du système d'information.

Les outils développés dans le cadre de cette méthodologie ont été présentés dans les chapitres IV et V. Le premier de ces chapitres concerne la construction du méta-modèle relatif à la modélisation d'entreprise orientée vers une gestion de l'évolution. En effet, un précepte fondamental pour gérer le changement du système d'information est de connaître son fonctionnement et donc de pouvoir le modéliser. Le méta-modèle proposé repose sur le découplage des différentes vues de la modélisation, et notamment celle de la modélisation des processus avec celle de son environnement. Pour cela, nous avons introduit une interface générique modélisant les invariants et les besoins nécessaires à la réalisation des processus.

Ces modèles du système d'information recueillis sont stockés dans un référentiel d'entreprise. L'identification des dépendances existantes entre les processus se fera en analysant les données de ce référentiel. En effet, comme nous l'avons souligné, l'approche se concentre sur les contraintes structurelles existantes. Or, ces liens entre les processus constituent à la fois les freins pour l'évolution mais assurent aussi la cohésion du système d'information. Nous avons décrit les informations nécessaires aux calculs de ces dépendances entre les processus basées sur trois axes : les acteurs intervenant dans les processus, les ressources utilisées et les informations échangées. Ces dépendances nous permettent ensuite de construire des ensembles cohérents de processus aux vues des contraintes existantes dans le système d'information et ayant un impact profond sur la gestion de son évolution. Cette méthodologie, que nous avons nommée clusterisation des processus, permet de construire des cartes de clusters des processus du système d'information, mettant en évidence les dépendances en fonction des trois axes définis (acteur, ressource, information).

Le dernier apport de la méthodologie est de construire, basé sur ces outils, un système de diagnostic. Les cartes de clusters permettant à la fois d'étudier le système existant et de le comparer avec des systèmes cibles. Ces outils fournissent aux managers une vision des forces et des faiblesses du système d'information (la maturité des processus et leurs apports à la stratégie de l'entreprise ; une vérification de la cohérence des dimensions du système d'information (acteur, ressource, information)). Dans un deuxième temps, ils éclairent les différentes solutions envisagées par l'évaluation de l'effort nécessaire pour atteindre les différentes cibles ou par l'évaluation de la pertinence de cette cible par rapport aux objectifs du projet d'évolution.

La dernière partie est consacrée à la mise en œuvre de la démarche et de ses outils dans la société STMicroelectronics. Cette étude de cas s'appuie sur les modélisations du système d'information et a montré l'applicabilité de la méthode dans un milieu industriel permettant ainsi de valider les approches proposées. Les diagnostics de l'existant ont souligné deux incohérences qui font par ailleurs l'objet de deux projets majeurs dans l'entreprise. De même, l'étude du projet PCM a montré la pertinence des solutions choisies pour ce projet. Ces résultats obtenus dans cette étude de cas confortent les orientations choisies pour le diagnostic du système d'information.

La figure VIII.77 reprend les grandes étapes de l'urbanisme des systèmes d'information ainsi que les outils et diagnostics développés dans ce cadre.

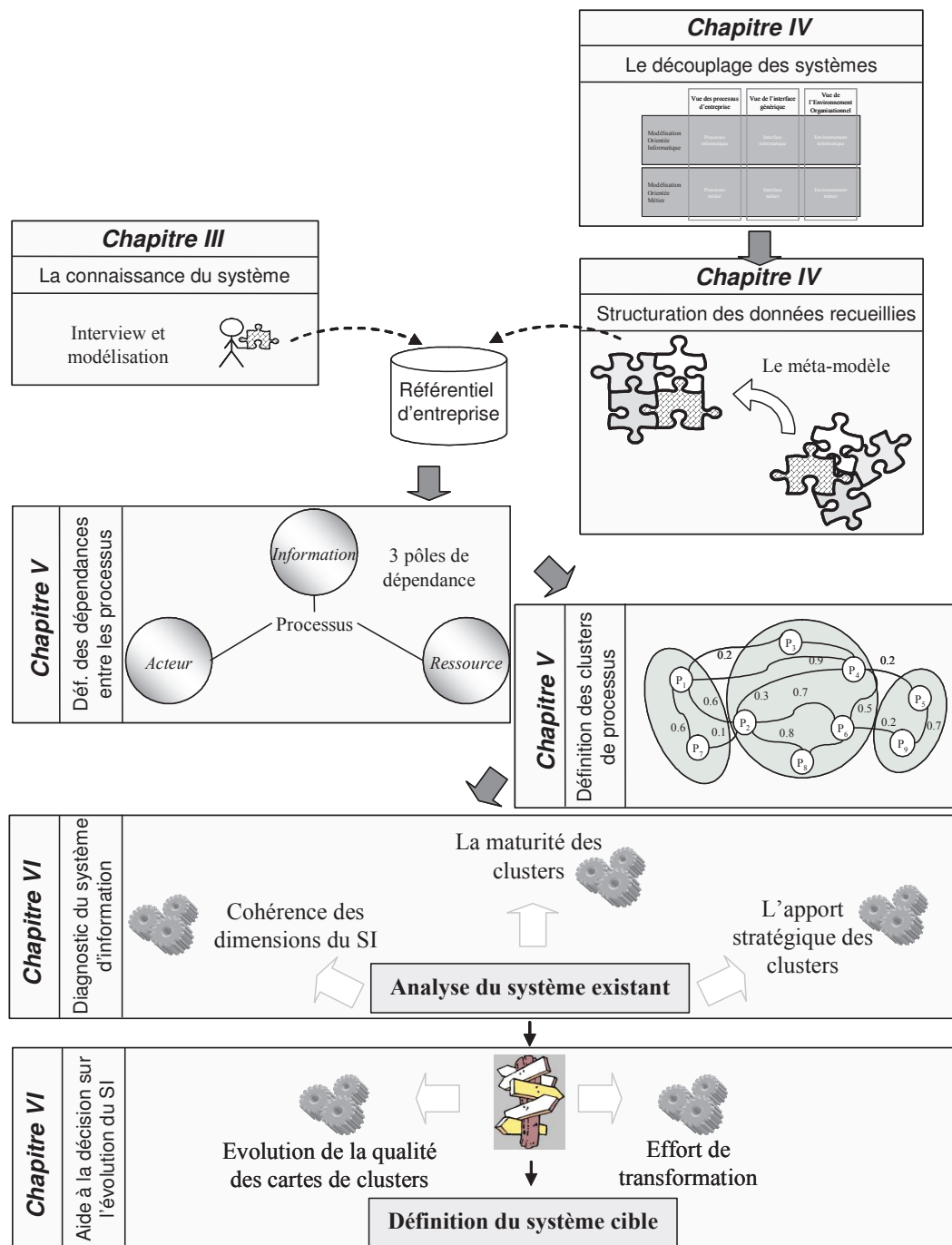


figure VIII.77 : Les outils de la méthode d'urbanisme organisationnel du système d'information

II. Apports et Limites

Dans la partie précédente, nous avons repris l'ensemble des développements scientifiques liés à ces travaux de thèse. Les différentes contributions de notre travail sont reprises dans la figure VIII.77.

II.1 Apports scientifiques et limites

Les apports de nos travaux scientifiques se situent sur plusieurs niveaux :

- ✦ Un *cadre méthodologique*, que nous avons nommé l'urbanisme organisationnel du système d'information. La méthode proposée a pour objectif d'identifier les grandes étapes de la gestion de l'évolution ainsi que les démarches qui lui sont associées (urbanisme cadastral, urbanisme prospectif et urbanisme de projet).
- ✦ Des *modèles*, sur lesquels vont s'appuyer toute la méthode. Le développement d'un méta-modèle spécifique et des principes de découplage entre les processus et l'environnement serviront à faciliter la gestion du changement.
- ✦ La définition de *la mesure de dépendance* entre les processus. Nous avons réalisé un travail sur la définition des composantes à prendre en compte : les acteurs, les ressources et les informations. L'utilisation de ces dépendances pour construire des regroupements de processus permet de structurer le système d'information. La majorité des changements se limiteront à l'intérieur d'un cluster, permettant ainsi de découpler le changement.
- ✦ Des *outils d'aide à la décision*, afin d'aider les managers face à la complexité du système d'information et à l'imbrication de toutes ses composantes. Ces outils d'analyse apportent des éléments concrets pour orienter les évolutions du système d'information.

Pourtant, plusieurs limites peuvent être soulignées dans ces travaux.

A ce stade de développement, la méthode d'urbanisme organisationnel du système d'information nécessite d'être encore largement approfondie et notre apport reste une première contribution. Dans nos travaux, nous nous sommes concentrés sur la construction d'outils autour de la dépendance des processus car ils répondaient au cœur de la problématique de départ. L'apport méthodologique reste lui plus restreint. Notre apport se situe principalement dans la définition d'un cadre méthodologique.

Pour cette première contribution, nous avons écarté du périmètre de nos travaux l'urbanisme de projets. Les grandes orientations que nous avons fournies sur cet urbanisme proposent un cadre intuitif plus qu'une approche formelle. De plus, les liens entre l'urbanisme de projet et l'urbanisme prospectif n'ont pas été traités et restent une problématique importante de la gestion du changement. Comment s'assurer de la cohérence entre le cadre fourni, son implémentation opérationnelle et les réajustements nécessaires ?

Les outils que nous avons développés interviennent dans l'urbanisme prospectif. Ils n'ont pu être validés que sur un cas pratique limité qui permet une première validation mais qui nécessite d'être étendu et multiplié pour affiner les diagnostics définitifs. Nous avons aussi conscience que ces outils de diagnostic adressent un niveau hiérarchique élevé dans l'entreprise. Les décisions liées à l'évolution du système d'information dépassent le cadre des diagnostics techniques que nous proposons et mettent aussi en jeu des décisions politiques, d'influence, de réglementation... La prise en compte des facteurs techniques reste donc un paramètre inconnu dans ce niveau de prise de décision.

Enfin, le lien entre l'urbanisme organisationnel du système d'information et l'urbanisme du système informatique reste pour l'instant peu formel et nécessite l'approfondissement de ses caractéristiques et de son diagnostic sur des bases scientifiques. Nous proposerons une piste de recherche dans les perspectives.

Comme nous l'avons souligné, l'approche que nous avons choisie adresse la gestion de l'évolution sous un aspect structurel du système d'information. Cet aspect ne constitue qu'une des facettes de la gestion de l'évolution et doit, pour être complété, se composer avec d'autres aspects tels qu'une vision dynamique ou comportementale. Par exemple, des approches comme la simulation permettront d'appréhender la dynamique du changement dans le temps. Cette dynamique se retrouve le long d'une trajectoire pour atteindre une cible et nécessite la mesure des performances de différentes situations de changement au sein du système d'information.

De même, comment parler de l'évolution du système d'information sans parler de l'acceptation du changement par les acteurs de l'entreprise. Les acteurs sont bien sûr les principaux éléments de la gestion du changement et constituent à la fois les plus grands moteurs mais aussi les plus grands freins face aux changements. Il devient alors évident que tout approche technique comme celle que nous proposons permet d'améliorer les résultats théoriques d'une évolution mais doit s'accompagner pour réussir d'une gestion humaine du changement.

II.2 Apports industriels, Limites et Perspectives

Les autres apports qu'il est important de souligner sont les avancées qui ont été introduites de façon collatérale dans l'entreprise grâce à la mise en œuvre de ces travaux par l'implication à la fois scientifique et industrielle.

II.2.1 *La modélisation d'entreprise*

La mise en place d'un référentiel d'entreprise opérationnel, basée sur les travaux de méta-modélisation, a permis de montrer l'intérêt de ces approches. Initialement, les approches de gestion par les processus et de modélisation du système d'information connaissaient peu d'échos dans l'entreprise. Au fur et à mesure de l'avancée du projet, l'intérêt des interlocuteurs industriels a évolué face à ces approches.

Un groupe pérenne possède désormais les compétences nécessaires à la modélisation d'entreprise outillée et aux approches de généricité développées dans nos travaux. De plus, la maturité de l'ensemble des acteurs de l'entreprise face à ces approches a augmenté. Ces apports permettront un déploiement plus large dans l'entreprise de la démarche proposée. En parallèle, les méthodes de modélisation d'entreprise sont en train d'être introduites dans les cycles projets des développements informatiques. Ainsi, la phase de spécification des besoins métiers sera réalisée dans le référentiel de modélisation permettant de faire plus facilement le lien avec les phases de design et de générer plus simplement de la documentation.

La construction d'un référentiel à grande échelle dans l'entreprise, outre les problèmes de cohésion liés à la modélisation, s'accompagne de la mise en place d'une sémantique dans l'entreprise. Elle permettra d'abord à tous les acteurs de parler le même langage mais surtout elle garantira la réutilisation correcte dans la cartographie des objets répartis dans l'entreprise. Elle est une condition essentielle pour garantir l'intégrité des analyses qui pourront ensuite être réalisées sur les modèles de cartographie.

Si ces développements se poursuivent, le référentiel pourra à terme devenir le référent des différentes modélisations d'entreprise, utile à la gestion de sa complexité et de son évolution.

II.2.2 L'urbanisme organisationnel du système d'information

La méthodologie proposée dans l'urbanisme organisationnel du système d'information s'est enrichie des expériences industrielles mais n'a pas pu être mise en œuvre dans son intégralité.

Comme nous l'avons vu, la démarche d'urbanisme cadastral, qui sert de socle à la démarche, est maintenant en phase de déploiement.

L'urbanisme prospectif, c'est aussi le développement d'outils dédiés à la gestion de l'évolution du système d'information. Comme nous l'avons souligné dans le dernier chapitre, les modélisations réalisées ont permis de vérifier la faisabilité et l'applicabilité de nos travaux scientifiques sur la clusterisation des processus. Malheureusement, ces résultats n'ont pu réellement constituer un apport concret pour l'entreprise. La base de processus que nous avons pu constituer dans les limites de ce travail de thèse est restée trop restreinte pour pouvoir démontrer complètement la valeur ajoutée des outils développés. Les résultats obtenus jusqu'à présent permettent de confirmer les conclusions des experts de l'entreprise, mais ils demandent à être élargis sur un domaine d'application plus complet afin de fournir un apport plus innovant pour l'entreprise.

II.2.3 Les prérequis nécessaires pour l'entreprise - Perspectives

Pour s'assurer du déploiement de ces méthodes dans l'entreprise, un certain nombre de prérequis seront nécessaires :

- La volonté des dirigeants de s'orienter vers une gestion de l'évolution outillée

Ces travaux sont issus d'un besoin des acteurs opérationnels de l'entreprise. Pour l'instant, l'un des principaux freins qui apparaît est le manque d'implication du management.

Pourtant, un des facteurs clés de réussite de ces approches de modélisation d'entreprise, qui concernent l'ensemble de l'entreprise, est l'implication forte de la direction et la création d'une dynamique par le haut. Seule cette condition peut donner la légitimité nécessaire à cette approche, à la fois pour la formation des acteurs, la création de nouvelles fonctions et leurs interventions dans les équipes.

De plus, les acteurs impliqués dans l'urbanisme prospectif sont les grands managers de l'entreprise. Les outils de diagnostic du système d'information fournissent de l'aide à la décision pour des orientations globales du système d'information. Une sensibilisation à ces approches formelles est nécessaire pour permettre leur intégration dans les processus de décisions.

- La mise en place de nouvelles compétences

L'enjeu actuel de l'entreprise est de déployer une démarche de modélisation à l'échelle de l'entreprise et une gestion par les processus. Nous avons développé et validé les outils mis à la disposition de la démarche. Ce sont maintenant l'organisation et les acteurs qui doivent se les approprier.

La mise en place de l'urbanisme cadastral suppose de faire évoluer les compétences et les méthodes de travail. Cette approche nécessite l'introduction dans l'organisation de nouveaux rôles associés soit à de nouvelles responsabilités, soit à de nouvelles compétences dont voici quelques exemples : les responsables des processus (responsables de la gestion d'un processus, de son optimisation, des interfaces avec le système d'information), les cellules d'urbanisme (chargées de garantir la cohérence globale et de faire respecter les orientations choisies), les modélisateurs (chargé de la réalisation et de la mise à jour des modélisations dans le référentiel d'entreprise)...

Seule cette nouvelle organisation sera capable de gérer à long terme les cycles de vie des modèles utilisés et de garantir leur pertinence. En effet, l'un des challenges auxquelles doivent répondre ces organisations sera la cohérence entre l'organisation réelle et les modèles ou encore la cohérence entre les modèles et les outils d'aide à la décision déployés.

III. Perspectives

Les travaux que nous avons menés adressent une problématique qui touche à de nombreux domaines et qui de ce fait, permet d'envisager des perspectives de développement de ces travaux dans plusieurs directions. Celles-ci seront développées dans les paragraphes qui suivent.

III.1 L'utilisation des clusters de processus

Concernant l'utilisation des clusters de processus, nous en avons présenté deux utilisations : la maturité des processus et leurs apports stratégiques (chapitre VI). Dans notre étude, nous avons basé leur évaluation sur des appréciations faites par les acteurs de l'entreprise. Or, une évaluation scientifique apportera une valeur supplémentaire à ces analyses.

Nous avons insisté sur l'importance de l'alignement stratégique des évolutions mises en œuvre dans le système d'information. L'urbanisme du système informatique souligne aussi que cette problématique est essentielle pour assurer une évolution pertinente du système informatique. Des travaux sur l'arbitrage stratégique des projets [Papadacci 05] montrent qu'il est possible d'évaluer l'apport des projets à la stratégie des entreprises. L'approfondissement de ce lien entre les processus et la stratégie de l'entreprise permettrait de mieux valoriser l'apport des clusters.

De même, la maturité des processus de l'entreprise reste pour la plupart des domaines de l'entreprise une évaluation informelle. Nous avons vu qu'il existait des méthodes spécifiques d'évaluation de la maturité des processus en fonction du domaine de l'entreprise (chapitre VI et Annexe 2). Or, la maturité de l'organisation passe notamment par l'évaluation de la maturité de la gestion de ses processus. Des travaux dans ce sens émergent actuellement comme le montre la figure VIII.78 [Ho 04], [Smith 04].

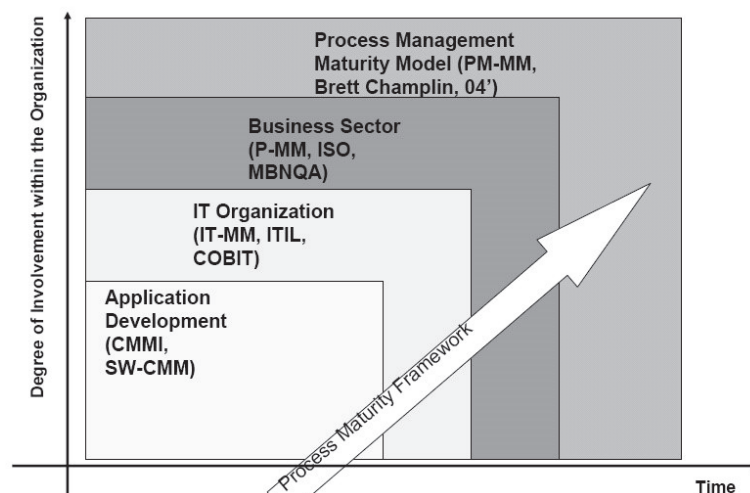


figure VIII.78 : Evolution des modèles de maturité [Ho 04]

Ces méthodologies émergentes nécessitent des approfondissements mais apportent des premières contributions pour évaluer cette maturité. Cette mesure de la maturité de la gestion

des processus reliée aux clusters permettrait d'améliorer l'évaluation des performances futures du système d'information.

Nous notons qu'il existe dans la société STMicroelectronics une démarche BKM (« Best Known Method ») qui consiste à identifier au sein de tous les sites de la société les meilleures façons de travailler pour chaque étape d'un processus. L'adhérence à ces pratiques pourrait constituer un élément d'évaluation opérationnel de la maturité des processus.

Les utilisations des clusters peuvent elles-aussi être étendues à de nouvelles possibilités. Dans ses travaux, [Carvalho 02] propose de définir des indicateurs d'urbanisme pour le système informatique. Ceux-ci permettent d'évaluer a priori l'aptitude du système informatique à évoluer. Le développement de tels indicateurs pour le système d'information permettrait de fournir une indication dans l'absolu des facteurs influençant sa capacité à évoluer.

III.2 Le lien entre les processus et le système informatique.

La deuxième perspective de nos travaux est d'approfondir le lien entre la clusterisation des processus et la conception du système informatique. En effet, l'une des problématiques de l'industrie du semi-conducteur et de plus en plus d'autres domaines est la forte informatisation de tous les secteurs de l'entreprise. Dans ce cadre, la gestion de l'évolution du système d'information est fortement corrélée avec la flexibilité du système informatique.

Les approches actuelles se basent sur les architectures orientées services (SOA). Les SOA ne représentent pas une technologie mais une façon de concevoir et de déployer ses applications. Plus précisément, il s'agit de structurer les applications selon une approche basée sur le principe de "services" et non plus, comme par le passé, sur la base d'applications que l'on pourrait au contraire cataloguer de "monolithiques". Chaque "service" doit répondre à un besoin métier, dont le rôle et le périmètre de couverture doivent être clairement identifiés et dont l'intégration s'effectue grâce à la sémantique. La démarche de modélisation des processus permet de mettre en évidence les besoins en services métier qui seront implémentés dans une architecture SOA.

Ainsi, la gestion de l'évolution adressée au niveau des processus métiers devrait pouvoir se traduire dans les systèmes informatiques sous forme de gestion de l'évolution mettant en jeu des services. L'urbanisme organisationnel pourrait ainsi se traduire par un urbanisme orienté services [Izza 06]. Les liens entre les clusters de processus et les regroupements de services fonctionnels nécessitent des approfondissements afin de garantir un déploiement de la gestion de l'évolution cohérente pour toutes les couches du système d'information.

III.3 Les nouvelles organisations

Cette perspective s'intéresse à l'évolution des frontières de l'entreprise. Celles-ci deviennent de plus en plus floues (supply chain, réseau d'entreprises, fusion, acquisition, alliance) et interagissent de plus en plus avec l'extérieur. Notamment dans le secteur de la microélectronique, les investissements nécessaires à la construction de nouvelles usines de fabrication sont tels que les entreprises s'unissent pour assumer les coûts induits (comme par exemple sur le site de Crolles où Philips, STMicroelectronics et Freescale (ex Motorola Semiconducteurs) se sont alliées pour assurer le co-développement et la fabrication autour des technologies 90 nanomètres et en deçà).

Dans ce cadre, la mise en commun de tout ou d'une partie de deux systèmes d'information devient un enjeu complexe. Les découpages du système que nous avons introduits, ainsi que ceux proposés au niveau du système informatique pourraient permettre de faciliter

l'exposition de services vers d'autres entreprises ou encore d'identifier les redondances entre deux systèmes d'information.

Dans un autre exemple de collaboration que celui cité précédemment, les processus de traitement de l'information propres à chaque entreprise sont conservés. L'objectif est la collaboration des systèmes d'information à la fois en conservant des parties propres à chaque entreprise et en exposant des parties mises en commun entre elles.

Le premier enjeu est de définir précisément quels sont les processus mis en commun, les rôles des acteurs de chaque entreprise et les flux d'information associés. Dans ce cas, l'utilisation des clusters montre à l'entreprise, pour chacun de ces processus, quels sont les autres processus fortement touchés par cette modification et qui devront être pris en compte dans les spécifications.

De même, les outils d'aide à la décision pourront permettre de mettre en évidence les incohérences engendrées dans le système d'information de chacune des entreprises suite à la mise en place de cette collaboration et de proposer des améliorations ponctuelles qui garantiront la cohérence du système d'information de chacune des entreprises, facteur de réussite d'une collaboration.

Dans un cas de fusion, la problématique est autre. L'objectif dans ce cas est l'intégration des systèmes d'information. Cette intégration entraîne inévitablement des redondances et des spécificités. Dans cette configuration, l'urbanisme pourra s'appuyer sur la définition stratégique de cette nouvelle entité. Les premières contributions que nous avons faites sur les outils d'aide à la décision pourront être étendues afin de faciliter : (i) les choix concernant les pans à conserver et ceux à adapter ou supprimer, (ii) les choix sur les processus redondants afin de choisir les solutions les mieux adaptées au système d'information finale, ou encore (iii) la définition des étapes intermédiaires de fusion des deux systèmes d'information afin de garantir à chaque étape un fonctionnement optimal. De plus, une approche en clusters du système d'information permettra grâce aux découplages de traiter cette évolution majeure dans des zones bien délimitées.

III.4 Le transfert des processus inter-sites

Dans le domaine de la microélectronique, il n'est pas rare de transférer des processus de fabrication complets d'un site de production à l'autre. Malgré son intérêt stratégique, la question du transfert intra-organisationnel de savoir-faire et de connaissances reste relativement peu outillée et manque de supports convaincants. Le transfert d'un processus ne se limite pourtant pas au transfert technologique.

Dans le cas d'un transfert vers une nouvelle usine, il n'y a pas d'existant. L'environnement à créer autour du processus peut donc se baser entièrement sur celui de départ. Dans le cas d'un transfert de processus vers une usine existante, la problématique est encore plus complexe car il est nécessaire de transférer les savoir-faire du processus tout en l'intégrant dans un nouvel environnement. Il est nécessaire de définir des méthodes structurées pour ces transferts afin de garantir la cohérence et la fiabilité des informations transférées. Une méthodologie formelle de transfert de processus est indispensable à la réussite du transfert.

Dans ces deux cas, les approches de découplage que nous avons introduites dans notre modélisation pourraient fournir l'un des outillages de ces transferts. Dans la constitution de notre méta-modèle, nous avons introduit la notion de découplage entre les processus et leur environnement en intégrant une couche générique. Cette approche permet d'analyser les différents choix possibles pour une évolution ainsi que de capitaliser les besoins nécessaires au fonctionnement du processus.

Ces découplages fournissent des premières pistes pour outiller le transfert de processus. Pourtant, il ne suffit pas de transférer le modèle dans son ensemble pour garantir le succès du transfert. Le transfert de processus est une activité complexe qui nécessite la mise en place d'une démarche et outillages particuliers. D'autres aspects moins techniques doivent être pris en compte comme la mise en place d'interlocuteurs compétents pour mettre en place le processus ou encore des formations pour aider les futurs utilisateurs des processus. De plus, en ce qui concerne la gestion de la connaissance, les implications peuvent être très culturelles, notamment entre deux individus et encore plus entre deux cultures.

III.5 La réactivité

L'urbanisme de projets intègre aussi la réactivité de l'entreprise face à des événements non anticipés ou des opportunités. La réactivité est le pendant de tous les développements que nous avons effectués sur la planification de l'évolution du système d'information.

Les sources d'évolution du système d'information sont multiples et très variées tant par leur nature et leur origine que par leur impact. Ces différentes situations sources d'évolution constituent des événements inducteurs de changement face auxquels il est nécessaire de se doter d'une méthodologie afin d'intervenir avec réactivité. L'une des pistes envisageable est la capitalisation de l'expérience. Elle nécessite d'étudier et classifier les situations de changements selon leurs caractéristiques intrinsèques et leurs impacts sur les processus et la performance. Cette approche permettrait de réutiliser l'expérience acquise en matière de traitement des situations de changements et de partager ces connaissances avec toutes les entités de l'entreprise.

Bibliographie

- [Aalst 03] Van der Aalst W.M.P., Hofstede A.H.M., Weske M., « Business process management: A survey », *BPM 2003*, Springer-Verlag, Berlin 2003. Disponible en ligne à : <http://citeseer.ist.psu.edu/article/vanderaalst03business.html> (accédé le 15 05 06).
- [Abou-Hard 03] Abou-Hard G., Rivard F., « L'EAI au service de l'entreprise évolutive : les échanges d'information enjeu pour les managers », *Maxima Editeur*, Paris, 2003.
- [Adams 02] Adams P., « What's going on? Business Activity Monitoring », *Manufacturing Engineer*, vol. 81, issue 6, 2002.
- [ADESI 04] ADESI, « Action Spécifique - ADESI : Aide à la Décision pour l'Evolution socio-technique des Systèmes Industriels », *Rapport de fin d'Etude*, 2004. Disponible en ligne à : <http://www.lgi2p.ema.fr/~grp/adese/entree.html> (accédé le 11 09 2006).
- [Afnor 01] Association française de normalisation, « Qualité et systèmes de management ISO 9000 », *Norme*, Paris, 2001.
- [Aguilar-Saven 03] Aguilar-Savén R., « Business Process: Review and Framework », *International Journal of production economics*, vol. 90, issue 2, 2004.
- [Albino 02] Albino V., Pontrandolfo P., Scozzi B., « Analysis of information flows to enhance the coordination of production processes », *International Journal of Production Economics*, vol. 75, pp.7–19, 2002.
- [Archimate 02a] Archimate Project, « Concepts for Architectural Description », *European Project*, 2002. Disponible en ligne à : <http://www.telin.nl/projecthome.cfm?id=48&language=en> (accédé le 14 05 2005).
- [ArchiMate 02b] Archimate Project, « State of the Art in Architecture Frameworks and Tools », *European Project*, 2002. Disponible en ligne à : <http://www.telin.nl/projecthome.cfm?id=48&language=en> (accédé le 14 05 2006).
- [Archimate 04] Archimate Project, « Archimate Resource Tree », *European Project*, 2004. Disponible en ligne à : <http://www.telin.nl/NetworkedBusiness/Archimate/ART/index.html> (accédé le 14 05 2006).
- [Attie 93] Attie P.C., Singh M.P., Sheth A., Rusinkiewicz M., « Specifying and Enforcing Intertask Dependencies », *19th International Conference of Very Large Databases (VLDB)*, Dublin, 1993.
- [Autissier 03] Autissier D., Moutot J.-M., « Pratiques de la conduite du changement : Comment passer du discours à l'action », *Edition Dunod*, 2003.
- [Ayadi 98] Ayadi K., « Propositions méthodologiques pour la conception de systèmes d'aides à la conduite en production », *Thèse de doctorat*, Université d'Aix-Marseille III, 1998.

- [Bakir 03] Bakir S., « Contribution à une démarche d'intégration des processus de gestion des risques et des projets », *Thèse de doctorat*, INP Toulouse, 2003.
- [Barrios 02] Barrios J., Rolland C., Nurcam S., « Une méthode pour la définition de l'impact organisationnel du changement », *Ingénierie des systèmes d'information*, vol.7, n° 4, 2002.
- [Barthélemy 02] Barthélemy J.-P., Guénoche A., « Les Arbres et les représentations des proximités », *Edition Dunod*, Paris, 2002.
- [Benzecri 73] Benzecri J. P., « L'analyse de données. Tome 1 : La taxinomie. Tome 2 : L'analyse de correspondance », 2ème édition, *Edition Dunod*, Paris, 1973.
- [Bériot 92] Bériot D., « Du microscope au macroscopie: l'approche systémique du changement dans l'entreprise », *ESF Editeurs*, Paris, 1992.
- [Berkhin 02] Berkhin P., « Survey of clustering data mining techniques », Technical Report, *Accrue Software*, San José, Californie, 2002.
- [Berrah 00] Berrah L., Mauris G., Haurat A., Foulloy L., « Global vision and performance indicators for an industrial improvement approach », *Computers in Industry*, vol.43, n°3, 2000.
- [Bleistein 06] Bleistein S. J., Cox K., Verner J., Phalp K.T., « B-SCP: A requirements analysis framework for validating strategic alignment of organizational IT based on strategy, context, and process », *Information and Software Technology*, In Press, pp. 1-23, 2006.
- [Boullier 02] Boullier M., Geoffray L., Le Gouzouguec E., Masson B., « Le livre blanc du BPM - L'orchestration des processus métiers », *Vistali S.A.*, 2002. Disponible en ligne à : <http://www.vistali.fr/fr/publications/> (accédé le 15 05 06).
- [Burlat 01] Burlat P., Boucher X., « Pilotage distribué des groupements d'entreprises : Modélisation et perspectives », *Journal Européen des Systèmes Automatisés (JESA)*, novembre 2001.
- [Burlton 01] Burlton R., « Business Process Management: Profiting From Process », *Sams Edition*, 2001.
- [Calori 89] Calori R., Atamer T., Dufour B., Martinet A.C., « L'action stratégique : Le management transformateur », *Editions d'Organisation*, Paris, 1989.
- [Candillier 04] Candillier L., « La classification non supervisée », 2004. Disponible en ligne sur : www.grappa.univ-lille3.fr/~candillier/ (accédé le 21 05 06).

- [Carnegie 05a] Software Engineering Institute, « Capability Maturity Model® Integration (CMMISM), Version 1.1, CMMISM for Software Engineering (CMMI-SW, V1.1) Staged Representation », *CMU/SEI-2002-TR-029*, Pittsburgh, 2002. Disponible en ligne sur : <http://www.sei.cmu.edu/publications/documents/02.reports/02tr012.html> (accédé le 21 05 06).
- [Carnegie 05b] Software Engineering Institute, « Capability Maturity Model® Integration (CMMISM), Version 1.1, CMMISM for Software Engineering (CMMI-SW, V1.1) Continuous Representation », *CMU/SEI-2002-TR-029*, Pittsburgh, 2002. Disponible en ligne sur : <http://www.sei.cmu.edu/publications/documents/02.reports/02tr012.html> (accédé le 21 05 06).
- [Carter 03] Carter B.M., Lin J.Y.-C., Orlowska M.E., « Customizing Internal Activity Behaviour for Flexible Process Enforcement », *15th Australasian Database Conference*, 2003.
- [Carvalho 02] Carvalho A., « Evolution du Système d'Information fondée sur l'Urbanisation - Application au contexte hospitalier », *Thèse de doctorat*, Université Paris VI, 2002.
- [Castano 99] Castano S., De Antonellis V., Melchiori M., « A methodology and tool environment for process analysis and reengineering », *Data & Knowledge engineering*, vol. 31, pp. 253-278, 1999.
- [Castro 02] Castro J., Kolp M., Mylopoulos J., « Towards requirements-driven information systems engineering: the Tropos project », *Information System*, vol. 27, pp.65-389, 2002.
- [Cattan 00] Cattan M., « Management des processus – une approche innovante », *AFNOR pratique collection*, Paris, 2000.
- [CEN 91] Comité Européen de Normalisation (CEN), « Env 40003: Computer Integrated Manufacturing - Systems Architecture - Framework for Enterprise Modelling », *CEN/CENELEC*, 1991.
- [CEN 96] Comité Européen de Normalisation (CEN), « Env 12204: Advanced manufacturing technology - systems architecture - constructs for enterprise modeling », *Technical report*, Brussels, Belgique, 1996.
- [Chan 06] Chan Y.E., Sabherwal R., Thatcher J.B., « Antecedents and outcomes of strategic IS alignment: an empirical investigation », *Engineering Management, IEEE Transactions*, vol. 53, issue 1, pp. 27-47, 2006.
- [Chapron 04a] Chapron J., Boucher X., Burlat P., Lebrun P., « Domain Oriented Meta-Modelling for Change Management of Information System ». *6^{ème} International Conference of enterprise information systems (ICEIS Workshop CSAC)*, Portugal, 2004.

- [Chapron 04b] Chapron J., Boucher X., Lebrun P., « Managing the information system evolution : the microelectronics case study », *15^{ème} Information Resources Management Association conference (IRMA)*, Etats-Unis, 2004.
- [Chelli 03] Chelli H., « Urbaniser l'entreprise et son système d'Information. Guide des entreprises agiles », *Edition Vuiber*, Paris, 2003.
- [Chen 03] Chen S. G., Lin L., « Decomposition of interdependent task group for concurrent engineering », *Computers & Industrial Engineering*, vol. 44, pp. 435-459, 2003.
- [CIGREF 03] CIGREF, « Accroître l'agilité du système d'information Urbanisme : des concepts aux projets », *Livre blanc du Cigref*, 2003. Disponible en ligne à : <http://www.cigref.fr/cigref/livelink.exe?func=ll&objid=9159&objAction=viewChannel> (accédé le 13 06 06).
- [CIMOSA 89] AMICE Consortium, « Open System Architecture for CIM », *Rapport de recherche du projet ESPRIT 688*, Springer-Verlag, 1989.
- [Cimosa 94] CIMOSA Association, « CIMOSA open system architecture for CIM », *Technical baseline, Version 3.0*, 1994.
- [Club 03] Club Urba-SI, « Pratique de l'urbanisme des systèmes d'information en entreprise », *Publibook*, France, 2003.
- [Contini 02] Contini I., « L'apport historique de l'urbanisme des villes pour l'urbanisme des systèmes d'information », *Colloque Urbanisme des Système d'Information*, Paris, 2002.
- [Coves 00] Coves C., « Analyse et Estimation des performances de processus d'entreprise », *Thèse de doctorat*, Université Montpellier II, France, 2000.
- [Crestani 05] Crestani D., « ADESI : Une Action Spécifique pour la conduite du Changement des Systèmes Industriels », *6ème Congrès International de Génie Industriel*, Besançon, 2005.
- [Crowston 97] Crowston K., « A coordination theory approach to organizational process design », *Organizational Science*, vol. 8, pp. 157-175, 1997.
- [Crozier 92] Crozier M., Friedberg E., « L'acteur et le système », *Editions du seuil*, 1992.
- [Curtis 04] Curtis B., « Overview of the Business Process Maturity Model (BPMM) », 2004. Disponible en ligne à : <http://www.teraquest.com/resource/downloads.shtml> (accédé le 21 05 06).
- [Dahlgren 01] Dahlgren J., Söderlund J., « Managing inter-firm industrial projects on pacing and matching hierarchies », *International Business Review*, vol. 10, pp. 305-322, 2003.

- [Dayal 01] Dayal U., Hsu M., Ladin R., « Business Process Coordination: State of the Art, Trends, and Open Issues », *27th Very Large DataBase Conference (VLDB)*, Italie, 2001.
- [Digiplan 02] Digiplan TEc Inc., « Profil de la main-d'oeuvre et de l'industrie de la microélectronique », 2002. Disponible en ligne à : <http://www.technocompetences.qc.ca/site/etudes/index.php?AnSelect=2002> (accédé le 13 06 06).
- [Elzinga 95] Elzinga D.J., Horak T., Lee C-Y., Bruner C., « Business Process Management: Survey and Methodology », *IEEE transactions on engineering management*, vol. 42, n°2, 1995.
- [Eriksson 00] Eriksson H.E., Penker M., « Business Modeling with UML, Business Patterns at Work », *John Wiley & Sons*, 2000.
- [Esprit 93] ESPRIT Consortium AMICE, « CIMOSA: Open System Architecture for CIM, volume 1 of Research Reports ESPRIT », *Project 688/5288 AMICE, Springer-Verlag, 2nd revised and extended edition*, 1993.
- [Filipas 01] Filipas I., Draghici G., El Moudni A., Zerhouni N., Clouard F. « Démarche de pilotage pour améliorer la réactivité industrielle », *4^{ème} congré International de Génie Industriel*, Aix-Marseille, 2001.
- [Fujitsu 02] Fujitsu Consulting, « L'urbanisation des systèmes d'information », mai 2002. Disponible en ligne à : <http://fr.consulting.fujitsu.com> (accédé le 05 04 2004).
- [Ganesan 03] Ganesan P., Garcia-Molina H., Widom J., « Exploiting hierarchical domain structure to compute similarity », *ACM Transactions on Information System*, vol. 21, issue 1, pp.64-93, 2003.
- [GERAM 97] GERAM, « Generalized Enterprise Reference Architecture and Methodology Version 1.5 », *IFAC-IFIP Task Force on Enterprise Integration*, 1997. Disponible en ligne à : <http://www.cit.gu.edu.au/~bernus/taskforce/geram/versions/index.html> (accédé le 21 05 06).
- [Goepp 04] Goepp V., Kieffer F., Geishopf F., « Modèles de processus orientés problèmes pour favoriser une définition consensuelle du changement organisationnel », *2^{ème} workshop ECI "Ingénierie et gestion des processus d'entreprise"*, Paris, 2005.
- [Gourc 01] Gourc D., Vacher B., Pingaud H., « Manager les risques en projets : de la prise de conscience à la mise en confiance », *Communication & Organisation*, 2001.
- [GRAI 89] Laboratoires GRAI, « La méthode GRAI, une méthode de performances technico-économique », *Revue française de gestion industrielle*, n°1, 1989.

- [Grehag 01] Grehag A., « Requirements Management in a Life Cycle Perspective - A Position Paper », *Conférence REFSQ*, Interlaken, Suisse, 2001.
- [Grouard 04] Grouard B., Meston F., Michelin E., « L'entreprise en mouvement », *Edition Dunod*, 2004.
- [Grover 95] Grover V., Jeong S.R., Kettinger W.J., Teng J.T.C. « The Implementation of Business Process Reengineering », *Journal of Management Information Systems*, vol. 12, 1995.
- [Hammer 90] Hammer M., « Reengineering work: don't automate, obliterate », *Harvard Business Review*, 1990.
- [Hammer 93] Hammer M., Champy J., « Le Reengineering », *Dunod Edition*, Paris, 1993.
- [Harmon 03] Harmon P., « La transformation des processus d'entreprise », *Génie Logiciel*, n°64, 2003.
- [Harmon 04] Harmon P., « Evaluating an Organization's Business Process Maturity », *Business Process Trends*, 2004. Disponible en ligne à : <http://www.bptrends.com> (accédé le 21 05 06).
- [Hee-Woong 00] Hee-Woong K., « Business Process Versus Coordination Process in Organizational Change », *The International Journal of Flexible Manufacturing Systems*, vol. 12, pp. 275-290, 2000.
- [Ho 04] Ho D., « Business Process Maturity Model -A CMM-based Business Process Reengineering research », 2004. Disponible en ligne à : http://personal.stevens.edu/~mmuehlen/downloads/slides/bootcamp/Session-3-TYH-BPM_Maturity.pdf (accédé le 23 05 06).
- [Hollard 94] Hollard M., « Génie Industriel, les enjeux économiques », *Presse Universitaire de Grenoble*, France, 1994.
- [Huxley 03] Huxley C., « An Improved Method to Identify Critical Processes », *Thèse de doctorat*, Queensland University of Technology, Australie, 2003.
- [Hwang 02] Hwang S.-H., Yang W.-S., « On the discovery of process models from their instances », *Decision Support Systems*, vol. 34, pp. 41-57, 2002.
- [IFIP 99] IFIP – IFAC Task Force, « GERAM: Generalised Enterprise Reference Architecture and Methodology. Version 1.6.3 », 1999. Disponible en ligne à : <http://www.cit.gu.edu.au/~bernus/taskforce/geram/versions/geram1-6-3/v1.6.3.html> (accédé le 14 05 2006).
- [ISO 15540 05] ISO, « AS ISO/IEC 15504.2: Information Technology – Process Assessment – Performing an assessment », 2004.

- [ISO 19440 05] PR EN ISO 19440, « Enterprise Integration - Constructs for Enterprise Modelling », *ISO/DIS 19440:2005 (Draft)*, septembre 2005.
- [Izza 06] Izza S., Vincent L., Burlat P., Lebrun P., Solignac H., « Extending OWL-S to Solve Enterprise Application Integration Issues », *conférence INTEROP-ESA*, Bordeaux, 2006.
- [Jackson 95] Jackson M., « Software Requirements and Specification. A lexicon of practice, principles and prejudice », *Addison Wesley Press*, 1995.
- [Jain 99] Jain A.K., Murty M.N., Flynn P.J., « Data Clustering: A Review », *ACM Computing Survey*, 1999.
- [Joly 94] Jolly M., Muller J.L., « De la gestion de projet au management par projet », *AFNOR*, 1994.
- [Kaplan 96] Kaplan R., Norton D., « The balanced scorecard », *Harvard Business School Press*, 1996.
- [Kettinger 98] Kettinger W. J., Teng J., « Aligning BPR to strategy: a framework for analysis », *Long Range Planning*, vol. 31, issue 1, pp. 93-107, 1998.
- [Krasensky 06] Krasensky P., Zimmer P., « Surtout, ne changez rien », *Editions d'Organisation*, 2006.
- [Kuziak 93] Kuziak A., Wang J., « Decomposition of the Design Process », *Journal of Mechanical Design*, vol. 115, pp. 687-695, 1993.
- [Landier 89] Landier H., « L'entreprise polycellulaire pour penser l'entreprise de demain », *EME Editions Sociales Françaises*, Paris, 1989.
- [Larsen 02] Larsen E., Lomi A., « Representing Change: A System Model of Organizational Inertia and Capabilities as Dynamic Accumulation Processes », *Simulation Modelling and Theory*, vol.10, 2002.
- [Le Moigne 84] Le Moigne J.-L., « La théorie du système général », *Presse Universitaire Française*, 1984.
- [Le Roux 04] Le Roux B., Desbertrand L., Guérif P., Tang X., Tixier J., Verger P., « Urbanisation et Modernisation du SI », *Edition Hermès*, Paris, 2004.
- [Lebart 97] Lebart L., Morineau A., Piron M., « Statistique exploratoire multidimensionnelle », *Edition Dunod*, Paris, 1997.
- [Lee 98] Lee H. S., « Automatic clustering of business processes in business systems planning », *European journal of operational research*, vol. 114, pp. 354-362, 1998.
- [Lefebvre 93] Lefebvre C., « Concevoir et conduire un projet de changement », *Les Presses du Management*, Montrouge, France, 1993.

- [Lindsay 03] Lindsay A., Downs D., Lunn K., « Business processes—attempts to find a definition », *Information and Software Technology*, vol. 45, 2003.
- [Liu 89] Liu M., « Approche socio-technique de l'organisation », *Editions d'organisation*, France, 1989.
- [Longépé 01] Longépé C., « Le projet d'urbanisation du système d'information », *Edition Dunod*, Paris, 2001.
- [Longépé 02a] Longépé C., « Les limites actuelles de l'urbanisme des systèmes d'information », *Colloque Urbanisme des Système d'Information*, Paris, France, 2002. Disponible en ligne à : <http://www.dsi.cnrs.fr/ref-partage/Documents/Urbanisation/Longepe-limites.pdf> (accédé le 13 05 2006).
- [Longépé 02b] Longépé C., « L'urbanisme : une opportunité pour réinventer la relation maîtrise d'ouvrage / maîtrise d'œuvre », *Colloque Urbanisme des Système d'Information*, Paris, France, 2002.
- [Lorenz 03] Lorenz E., Wilkinson F., « Organizational change, human resource management and innovative performance: comparative perspectives », *Cambridge Journal of Economics*, n°27, 2003.
- [Lorino 95] Lorino P., « Comptes et Réçits de la Performance – Essai sur le pilotage de l'entreprise », *Editions d'Organisation*, Paris, 1995.
- [Lorino 98] Lorino P., Tarondeau J.C., « De la stratégie aux processus stratégiques », *Revue Française de Gestion*, n°117, 1998.
- [Lorino 03] Lorino P., « Méthodes et pratiques de la performance », *Editions d'organisation*, Paris, 2003.
- [Luftman 93] Luftman J.N., Lewis P.R., Oldach S.H., « Transforming the enterprise: the alignment of business and information technology strategies », *IBM Systems Journal*, vol. 32, n°1, 1993.
- [Malhéné 00] Malhéné N., « Gestion des processus d'évolution des systèmes industriels : conduite et méthode », *Thèse de doctorat*, Université Bordeaux I, 2000.
- [Malone 93] Malone T.W., Crowston K., « The interdisciplinary Study if Coordination », *ACM Computing Surveys*, vol. 26, pp. 87-120, 1993.
- [Martin 05] Martin R.A., « International Standards for System Integration », *International Council on Systems Symposium Engineering*, Rochester, USA, 2005. Disponible en ligne à : www.tinwisle.com/iso/ (accédé le 14 05 2006).
- [Marvanne 01] Marvanne P., « Le vade mecum de la qualité totale », *Edition Management et société*, Paris, 2001.

- [Megartsi 01] Megartsi R., « Proposition d'un support de conduite des processus d'entreprise dans un contexte perturbé », *Thèse de doctorat*, Université Aix-Marseille, 2001.
- [Miller 82] Miller D., « Evolution and revolution: A quantum view of structural change in organizations », *Journal of Management Studies*, vol. 19, 1982.
- [Miller 84] Miller D., Mintzberg H., « Strategy formulation in context: Some tentative models », dans D. Miller, & P. Friesen (Eds.), *Organizations: A quantum view*, Prentice-Hall, New York, 1984.
- [Mintzberg 79] Mintzberg H., « The structure of organizations », *Englewood Cliffs*, Prentice-Hall, 1979.
- [Mintzberg 82] Mintzberg H., « Structure et dynamique des organisations », *Les Editions d'Organisation*, Paris, 1982.
- [Mohrman 89] Mohrman S.A., Mohrman A.M., Ledford G.E., Cummings T.G., Lawler E.E., « Large scale organizational change », *Jossey-Bass Eds*, San Francisco, 1989.
- [Montoya 05] Montoya Torres J. R., « Transport automatisé dans les systèmes de fabrication de semi-conducteurs : nouvelles approches de gestion tactique et opérationnelle », *Thèse de doctorat*, Ecole des Mines de Saint Etienne, 2005.
- [Morley 05] Morley C., Hugues J., Leblanc B., Hugues O., « Processus métier et S.I., évaluation, modélisation, mise en œuvre », *Edition Dunod*, Paris, 2005.
- [Nawrocki 05] Nawrocki C., « Introduction à ITIL : Service Delivery – Service Support », *itPMS*, Paris, 2005.
- [Noran 03] Noran O., « An analysis of the Zachman framework for enterprise architecture from the GERAM perspective », *Annual Reviews in Control*, 2003.
- [Nurcan 02] Nurcan S., Barrios J., Rolland C., « Une méthode pour la définition de l'impact organisationnel du changement », *Revue Ingénierie des Systèmes d'Information, Hermès*, vol. 7, n° 4, 2002.
- [Nurcan 03] Nurcan S., Rolland C., « A multi-method for defining the organizational change », *Journal of Information and Software Technology*, vol. 45, n°2, 2003.
- [Ortiz 99] Ortiz A., Lario F., Ros L., « Enterprise Integration—Business Processes Integrated Management: a proposal for a methodology to develop Enterprise Integration Programs », *Computers in Industry*, vol. 40, pp. 155–171, 1999.

- [Ould 95] Ould M.A., « Business processes: modelling and analysis for reengineering and improvement », *John Wiley & Sons*, 1995.
- [Oxtoby 02] Oxtoby B., McGuinness T., Morgan R., « Developing Organisational Change Capability », *European Management Journal*, vol. 20 ,n°3, 2002.
- [Pairat 05] Pairat R., Jungthirapanich C., « A chronological review of ERP research: an analysis of ERP Inception, Evolution, Direction », *Engineering Management Conference*, Canada, 2005.
- [Papadacci 05] Papadacci E., Salinesi C., « NENO: une approche d'aide à l'arbitrage par l'évaluation qualitative et quantitative de la valeur métier du SI durant la phase amont du processus d'urbanisation », 2ème *Workshop ECI "Ingénierie et gestion des processus d'entreprise"*, Paris, 2005.
- [Papazoglou 00] Papazoglou M. P., Ribbers P., Tsalgatidou A., « Integrated value chain and their implications from a business and technology standpoint », *Decision Support System*, vol. 29, n°4, 2000.
- [Phalp 99] Phalp K., Shepperd M. J., « Quantitative analysis of static models of processes », *Journal of Systems and Software*, vol. 52, 1999.
- [Pollalis 03] Pollalis Y.A., « Patterns of co-alignment in information-intensive organizations: business performance through integration strategies », *International Journal of Information Management*, vol. 23, pp. 469-492, 2003.
- [Porter 86] Porter M., « L'avantage concurrentiel », *InterEditions*, Paris, 1986.
- [Prosper 00] Projet Prosper, « Gestion des connaissances, coopération, méthodologies de recherche interdisciplinaires », programme de recherche PROSPER du CNRS "Systèmes de production", *Deuxièmes Journées de présentation des projets de recherche CNRS-Industrie*, Toulouse, 2000.
- [Raynal 96] Raynal S., « Le management par projet », *Editions d'Organisation*, Paris, 1996.
- [Rivard 02] Rivard F., « L'EAI par la pratique », *Edition Eyrolles*, France, 2002.
- [Rolland 00] Rolland C., Prakash N., « Bridging the Gap Between Organisational Needs and ERP Functionality », *Requirements Engineering Journal*, vol.5, 2000.
- [Rolland 04] Rolland C., Salinesi C., Etien A., « Eliciting Gaps in Requirements Change », *Requirements Engineering Journal*, vol. 9, 2004.
- [Sabherwal 01] Sabherwal R., Chan Y., « Alignment between Business and IS Strategies: A Study of Prospectors, Analyzers, and Defenders », *Information Systems Research*, vol. 12, pp. 11-33, 2001.

- [Saunier 03] Saunier C., « L'évolution du secteur des semi-conducteurs et ses liens avec les micro et nanotechnologies », *Office parlementaire d'évaluation des choix scientifiques et technologiques*, Sénat, Rapport d'information 138 (2002-2003). Disponible en ligne à : <http://www.senat.fr/rap/r02-138/r02-138.html> (accédé le 15/10/2005).
- [SCC 05] Supply-Chain Council, « SCOR 7.0 overview booklet », 2005. Disponible en ligne à : www.supply-chain.org/site/scor7booklet2.jsp (accédé le 15 05 06).
- [Schneider 94] Schneider D., « Modélisation de la démarche du décideur politique dans la perspective de l'intelligence artificielle », *Thèse de doctorat*, Genève, 1994.
- [Smith 03] Smith H., « Business Process Management - the third wave: business process modelling language (bpml) and its pi-calculus foundations », *Information and software technology*, vol. 45, 2003.
- [Smith 04] Smith H., Fingar P., « Process Management Maturity Models », 2004. Disponible en ligne sur : www.bptrends.com (accédé le 21 05 06).
- [Sokal 63] Sokal R. R., Sneath P. H. A., « Principles of numerical taxonomy », *Freeman and co.*, San-Francisco, 1963.
- [Stachowiak 73] Stachowiak H., « Allgemeine Modeltheorie », *Springer*, Autriche, 1973.
- [Tallon 00] Tallon P., Kraemer K.L., Gurbaxani V., « Executives' Preceptions of Business Value of Information Technology: A Process-Oriented Approach », *Journal of Management of Information System*, vol. 16, pp. 145-173, 2000.
- [Tarondeau 99] Tarondeau J.C., « Approches et formes de flexibilité », *Revue Française de Gestion*, n°123, 1999.
- [Teixeira 02] Teixeira A., « On the link between human capital and firm performance. A theoretical and empirical survey », *FEP Working Papers*, n° 121, november 2002.
- [Terrasse 02] Terrase M.-N., Savonnet M., Becker G., « Métamodélisation et interopérabilité des systèmes d'information », *20^{ème} Congrès INFormatique des ORganisations et Systèmes d'Information et de Décision*, France, pp. 183-198., 2002.
- [Théroutde 02] Théroutde F., « Formalisme et système pour la représentation et la mise en œuvre des processus de pilotage des relations entre donneurs d'ordres et fournisseur », *Thèse de doctorat*, INP Grenoble, 2002.

- [UEML 01] UEML project, « Requirements analysis: initial core constructs and architecture », *Deliverable D3.1*, Université de Namur, 2001. Disponible en ligne à <http://www.ueml.org> (accédé le 23 05 2006).
- [UEML 02] IST, « Report on the State of the Art in Enterprise Modelling. Version 1.1 » 2003. Disponible en ligne à : www.ueml.org (accédé le 23 05 2006).
- [Vallespir 03] Vallespir B., Braesch C., Chapurlat V., Crestani D., « L'intégration en modélisation d'entreprise : les chemins d'U.E.M.L. », *4^{ème} conférence francophone de MODélisation et SIMulation*, Toulouse, 2003.
- [Van Campen 01] Van Campen E., « Design of a multi-process multi-product wafer fab », *Thèse de doctorat*, Technische Universiteit Eindhoven, Pays Bas, 2001.
- [Vas 05] Vas A., « La vitesse de propagation du changement au sein des grandes organisations », *Revue Française de Gestion*, vol. 31, n°155, pp. 135-151, 2005.
- [Vasconcelos 01] Vasconcelos A., Caetano A., Neves J., Sinogas P., Mendes R., Tribolet J., « A framework for modeling strategy, business processes and information systems » *Enterprise Distributed Object Computing Conference EDOC '01*, pp. 69–80, 2001.
- [Vasconcelos 04] Vasconcelos A., Marques Pereira C., Sousa P., Tribolet J., « Open issues on information system architecture research domain: the vision », *6th international conference on enterprise information system*, Portugal, 2004.
- [Vernadat 99] Vernadat F., « Technique de modélisation en entreprise : applications aux processus opérationnels », *Edition Economica*, France, 1999.
- [Vernadat 02] Vernadat F., « UEML: towards a unified enterprise modelling language », *International Journal of Production Research*, vol. 40, n°17, 2002.
- [Vidal 00] Vidal P., « Contribution à la théorie des systèmes d'information organisationnels », *Thèse de doctorat*, Université Aix-Marseille III, 2000.
- [Villarreal 05] Villarreal C., « Contribution au pilotage des projets partagés par des PME en groupement basée sur la gestion des risques », *Thèse de doctorat*, INPT, 2005.
- [Ward 63] Ward J.H., « Hierarchical grouping to optimize an objectimize function », *Journal of the American statistical association*, vol. 58, pp. 238-244, 1963.
- [WfMC 97] Lawrence P., « Workflow Handbook 1997 », *John Wiley and Sons*, USA, 1997.

- [WfMC 99] Workflow Management Coalition, « Workflow Management Coalition Interface 1: Process Definition Interchange Process Model », *TC00-1016-P (Version 1.1)*, 1999. Disponible en ligne sur www.wfmc.org (accédé le 15 05 06).
- [William 94] William T.J., « The Perdue Enterprise Reference Architecture », *Computer in Industry*, vol. 24, 1994.
- [Williams 67] Williams W. T., Lance G. N., « A general theory of classification sorting strategies: 1. Hierarchical systems, 2. Clustering systems », *Computer Journal*, vol. 9-10, pp. 373-380, 1967.
- [Wiseman 85] Wiseman C., « Strategy and Computer », *Homewood*, Irwin, 1985.
- [Yatchinnowsky 99] Yatchinnowsky A., « L'approche systémique pour gérer l'incertitude et la complexité », *ESF*, Paris, 1999.
- [Yu 97] Yu E., Mylopoulos J., « Modelling Organizational Issues for Enterprise Integration », *2nd International Conference on Enterprise Integration and Modelling Technology*, Turin, Italie, 1997.
- [Zarifian 01] Zarifian P., « Le modèle de la compétence », *Editions Liaisons*, 2001.

Annexes

Introduction à la microélectronique

IV. La société STMicroelectronics

STMicroelectronics est une société mondiale de semi-conducteurs. Le groupe est né de la fusion en 1987 de Thomson Semi-conducteur (France) et de SGS Microelectronica (Italie).

Depuis le 8 décembre 1994, date à laquelle ST a réalisé une offre publique d'actions ordinaires, la société est cotée au New York Stock Exchange (NYSE: STM), au Euronext (Paris) et depuis juin 1998 à la Borsa Italiana (Milan).

La mission de la société est d'offrir une indépendance stratégique à l'ensemble de ses partenaires dans le monde, en étant un fournisseur de semi-conducteurs profitables, viable et disposant d'une large gamme de produits.

IV.1 Organisation de STMicroelectronics depuis 2005

Modification importante intervenue en 2005 avec le changement du Président, départ de M. Pistorio, remplacé par M. Bozzoti, qui a opéré une réorganisation de la société. L'organigramme de STMicroelectronics est repris dans la figure A1.79.

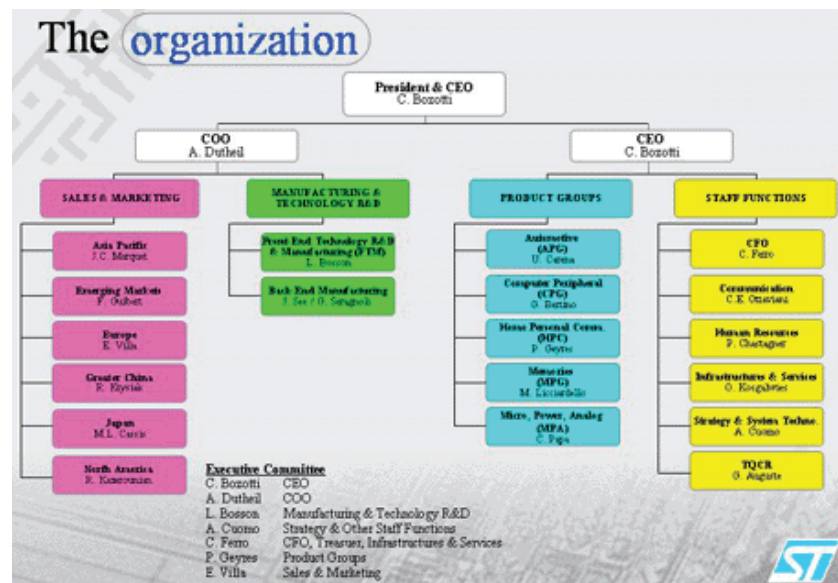


figure A1.79 : Organisation mondiale du groupe STMicroelectronics

IV.2 STMicroelectronics dans le monde

Les principaux sites de la société sont implantés en Europe notamment en France (sites de Saint-Genis, Crolles, Rousset, et Tours), en Italie (sites d'Agrate, Ancone, Castelletto), en Allemagne (sites de Grafing, Grasbrunn) et en Grande-Bretagne (centre de design de Bristol de la société INMOS filiale de STMicroelectronics).



figure A1.80: ST dans le monde

Les autres sites importants sont présents aux Etats-Unis (sites de Carrolton et Phoenix), sur l'île de Malte et en Asie (sites de Singapour, Muar et Shenzen). STMicroelectronics possède 16 principaux sites de production, 16 centres de R&D, 39 centres de design et 78 bureaux de ventes directs dans 36 pays.

Après l'exercice de 2004, STMicroelectronics est au **7^{ème} rang mondial** sur le marché des semi-conducteurs.

La compagnie possède un large portefeuille de produits à l'exception notamment des microprocesseurs grand public. Elle adresse par ce biais de nombreux secteurs comme les périphériques informatique (imprimantes, souris optique, écrans...), les cartes à puces (téléphonie, banque...) ou encore l'automobile (moteur, ABS...).

Ses produits se vendent à travers le monde avec un fort développement du marché asiatique depuis plusieurs années (figure A1.81).

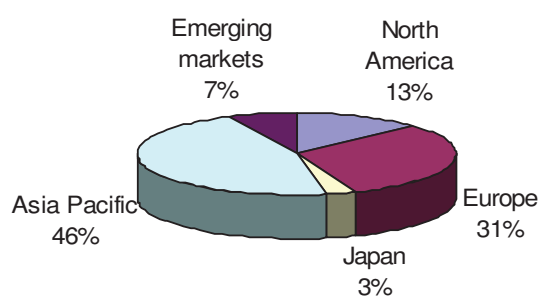


figure A1.81 : Ventes par région pour l'année 2005

STMicroelectronics est présent sur toutes les étapes du processus de ces produits, de la conception, à la fabrication.

V. Les étapes de fabrication

L'industrie des semi-conducteurs se décompose en trois grandes phases pour la réalisation des produits finaux (figure A1.82).

La fabrication des composants électroniques, qui peuvent être retrouvés sur les cartes à puces, les cartes mémoires et les constituants informatiques (microprocesseurs, mémoire...) est réalisée aujourd'hui sur des substrats de silicium (wafers) de 200 et 300 mm de diamètre.

En phase amont, le design représente les phases d'étude et de conception de nouvelles technologies et de nouveaux produits. La première phase de conception consiste à établir l'architecture du circuit en fonction de l'architecture du système dans lequel il devra opérer. Tout circuit intégré se compose de plusieurs blocs fonctionnels, eux-mêmes construits à partir de fonctions logiques ou analogiques de base. Les stratégies de test sont intégrées dans les étapes de conception. Cette partie comprend aussi la conception des marques qui seront utilisés dans la fabrication (voir la photolithographie § VI.2).

Le Front-End rassemble les activités de traitement des plaquettes et d'élaboration des puces avant leur enfichage dans des boîtiers en plastiques. Les plaquettes sont des tranches de silicium sur laquelle sont élaborées en même temps des centaines de puces.

Le Back-End désigne l'ensemble des activités de montage (découpe des wafers et assemblage des puces dans leurs boîtiers), de tri (test final) et de marquage des composants.

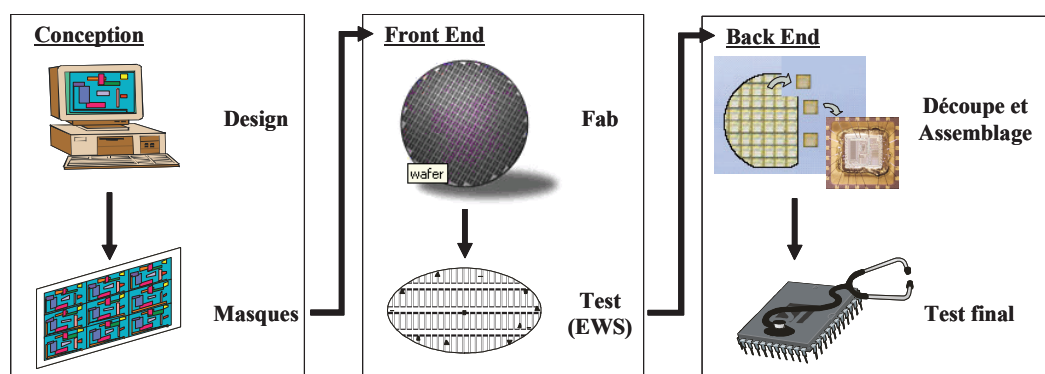


figure A1.82 : Les grandes étapes de la réalisation des puces

Dans la suite de ce document, nous allons nous concentrer sur la phase de fabrication. En effet, ces travaux sont issus d'un cadre lié à la fabrication (même si les travaux que nous avons effectués peuvent s'étendre à l'ensemble du processus de réalisation des puces).

Le processus de fabrication est très complexe car le procédé utilisé est constitué d'une longue succession d'étapes de fabrication. Ces étapes peuvent être schématisées comme une succession d'empilements de matériaux en couches minces sur un support de silicium.

Chaque matériau a une application précise : diélectrique pour l'isolation, conducteur pour les interconnexions, barrières de diffusion, passivation... Dans les paragraphes suivants les grandes étapes de la fabrication d'une puce sont reprises. Les différentes étapes restent génériques car elles peuvent ensuite différer d'une entreprise à l'autre en fonction des procédés utilisés, du produit et de la technologie utilisée [Montoya 05].

VI. Le procédé de fabrication

Dans cette partie, nous allons développer le procédé de fabrication des puces dans la partie Front End. Par définition, un circuit intégré contient des millions de composants électroniques de taille microscopiques. Ces composants sont formés à partir de l'empilement de couches de matériaux différents formant des régions isolées avec des caractéristiques électriques distinctes. Les composants sont inter-connectés afin de créer la fonctionnalité électronique souhaitée. Le produit final est une « puce » (*chip* en anglais) très fine (entre 0,5 mm et 150 μm) rectangulaire et plate de 25 à 400 mm² de matériau semi-conducteur. La largeur d'un transistor est d'environ 0,9 μm , soit de l'ordre de 800 fois plus mince qu'un cheveu.

La fabrication d'une puce sur un wafer consiste à ajouter, modifier ou enlever du matériau sur des régions spécifiques de la plaquette de silicium. Ces régions sont fabriquées par une séquence d'opérations, chaque séquence formant une nouvelle couche de matériau sur la plaquette (voir figure A1.83). L'enchaînement de ces étapes élémentaires peut aller jusqu'à constituer plus de quatre cents étapes de fabrication différentes ce qui constitue l'une des composantes de la complexité de la fabrication de semi-conducteur. Ces étapes élémentaires se répètent tout le long du processus de fabrication.

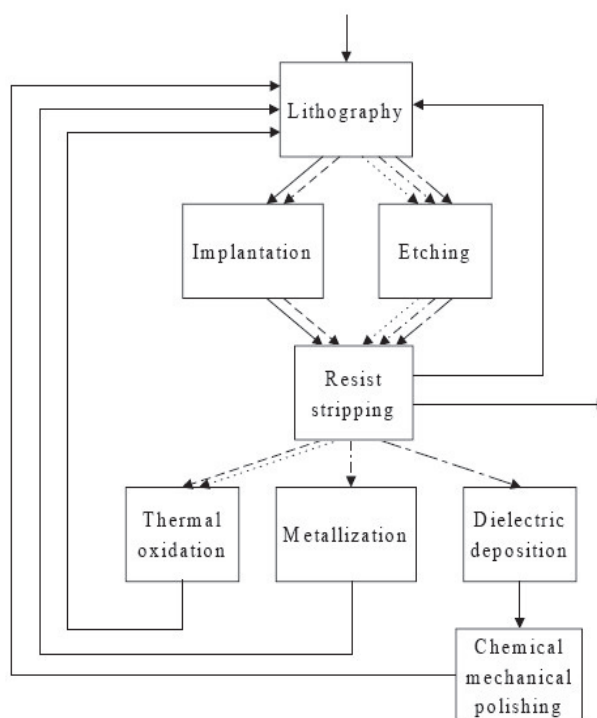


figure A1.83 : Séquence des tapes de la fabrication des wafers [Van Campen 01]

VI.1 Le principe

Le principe est de fabriquer des transistors élémentaires, puis de les relier les uns aux autres par des fils métalliques. Pour fabriquer les transistors, la technique de base est la photolithographie. Le procédé de photolithographie consiste à déposer sur l'ensemble des puces une résine composée d'un polymère et d'un photosensibilisateur. Une lumière ultraviolette est ensuite projetée à travers un masque dont les surfaces opaques forment la réplique du dessin désiré, si bien que certaines parties de la résine sont exposées et d'autres

non. Cette résine est ensuite développée et les parties exposées se dissolvent. Ainsi, la configuration requise pour chaque couche est obtenue.

Dans les creux ainsi formés, la gravure creuse la zone découverte de la couche. Un dopant est inséré dans les parties non protégées (implantation ionique) puis le reliquat de résine est retiré.

Quand le dopage du transistor est réalisé, un réseau de fils de connexion est ensuite construit reliant les transistors les uns aux autres. Le procédé de photolithographie est donc répété en déposant sur le silicium une couche d'isolant ou une couche du métal conducteur, puis une couche de résine. La lumière ultraviolette est projetée à travers un nouveau masque, et on enlève successivement la résine exposée, le métal ou l'isolant, et la partie de résine résiduelle. Ces opérations sont ensuite répétées autant de fois que nécessaires pour construire le dessin de la puce. Les paragraphes suivants détaillent les étapes élémentaires.

VI.2 La photolithographie (ou Lithography en anglais)

La photolithographie est une technique qui a pour but la réalisation d'un masque de résine représentant des motifs à réaliser sur le silicium. À partir d'un masque (image maîtresse), l'image de ce dernier est reproduite sur un film de résine photosensible. Cette image est ensuite développée pour obtenir le masque de résine désiré. Les zones opaques du masque protègent la résine des rayons lumineux. Enfin, la résine insolée est développée puis éliminée, laissant accessible aux traitements ultérieurs (gravure, dopage...) uniquement les zones délimitées. La photolithographie met en œuvre des principes proches de ceux de la photographie. La miniaturisation et la densité d'intégration des composants élémentaires dépendent en grande partie de la finesse des procédés lithographiques.

Les masques sont l'aboutissement sous forme graphique, des différentes étapes de conception d'un circuit intégré. Les supports des masques sont généralement en borosilicates ou en quartz.

VI.3 La gravure (ou Etching en anglais)

L'opération de gravure consiste à enlever une couche d'isolant par exemple. Elle peut être effectuée par des procédés chimiques, soit par érosion ionique (gravure par plasma).

La gravure consiste à enlever de la matière pour réaliser un motif, en attaquant la couche de matériau dans les zones non protégées par un masque. On distingue deux techniques principales de réalisation des gravures : en milieu aqueux, c'est la gravure dite « humide », ou dans un milieu de gaz ionisé, on parle alors de gravure « sèche » ou « plasma ».

La gravure est un domaine très vaste en Fab qui permet de réaliser diverses opérations :

- de la gravure : Poly, WSi, TaSi, nitrure, Aluminium.
- du retrait : résine, oxyde, nitrure.
- du dépôt : TaSi, WSi : polycide.

VI.4 Le dopage (ou Implantation en anglais)

La réalisation des composants, diodes et transistors, nécessite de doper localement le silicium. L'introduction des atomes dopants peut être effectuée de deux manières : la diffusion et l'implantation ioniques. Les principaux dopants utilisés sont le phosphore, l'arsenic ou le bore. Le dopage est effectué par diffusion thermique dans des fours ou par *implantation d'ions* accélérés dans le vide.

La diffusion est utilisée pour introduire localement et de façon contrôlée une quantité précise de dopants à partir d'une source solide ou liquide. Dans la matière, les atomes ou les molécules étrangères migrent ou « diffusent », des zones de forte concentration vers des zones à plus faible concentration.

VI.5 Les dépôts de matériaux

Avant toute opération de dépôt d'une nouvelle couche de matériau, les résidus des couches précédentes doivent être éliminés. Ceci est réalisé à par l'étape de stripping.

Les procédés de dépôts ont pour but d'apporter à la surface de la plaquette des couches conductrices ou isolantes (oxydes, nitrures, tungstènes, aluminium...). Ils se réalisent selon différentes techniques : en phase vapeur (dépôts Chemical Vapor Deposition), par métallisation ou par oxydation. De plus, avec l'augmentation du nombre de couches d'interconnexions, une technique de polissage mécano-chimique (CMP – Chemical Mechanical Polishing) est aujourd'hui indispensable.

VI.6 Les nettoyages

20 à 30% des opérations en salle blanche sont des opérations de nettoyage. Ces nombreuses interventions sont destinées à supprimer de la surface des plaquettes les résidus organiques, les particules métalliques et celles issues directement des procédés (poussière de silicium, de quartz...) Quelque soit leurs formes, tous ces contaminants sont évacués par des nettoyages chimiques. Puis les plaquettes sont rincés à l'eau désionisée et séchées par centrifugation.

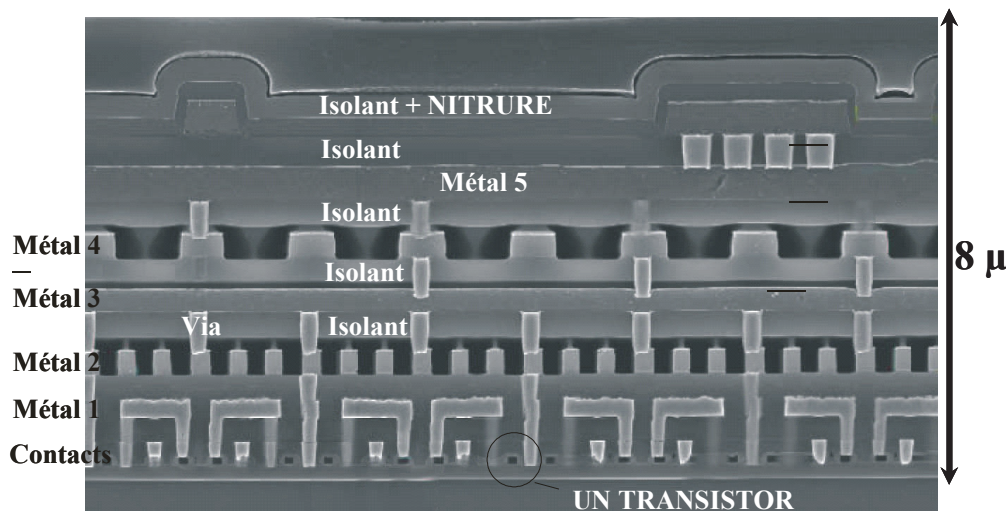


figure A1.84 : Une puce vue en coupe

De même, les opérations d'inspection et de défectivité sont fréquemment réalisées pendant tout le processus de fabrication. En raison de la haute sensibilité du produit aux défaillances et au coût très élevé de la fabrication des wafers, les opérations de test sont fréquentes pour repérer les défauts au plus tôt pendant le processus fabrication. Le ratio entre les opérations d'inspection et de défectivité versus les opérations de fabrication varie de 50 à 100%.

En effet, le coût final d'une plaquette est important, par exemple, pour une plaquette de 200mm dont les motifs élémentaires sont d'une taille de 0,35 représente un coût indicatif de 2500€. Le temps de cycle de fabrication d'une plaquette représente plusieurs semaines de travail.

VII. Petit glossaire de la microélectronique⁸

Back-End : En abrégé **B.E.** Terme signifiant : à l'arrière, qui intervient après, postérieur. Dans l'industrie des semi-conducteurs, le back-end désigne l'ensemble des activités de montage-tri-marquage des composants. Par opposition : **Front-End**

Back Log : Retard de fabrication.

Caractérisation : Ensemble des opérations qui permettent d'établir la fiche d'identité d'un produit et ses conditions d'utilisation. Sur nos produits, la caractérisation s'effectue par mesures électriques à différents stades de fabrication : sur plaquettes (probing) et sur produits finis.

Chip : puce, pastille.

Circuit intégré : composant électronique qui peut comporter sur une même puce jusqu'à plusieurs centaines de milliers de fonctions électroniques élémentaires.

Design : Dans notre activité, le design désigne l'étude et la conception de nouveaux produits, de nouvelles technologies.

Dopage : introduction d'impuretés dans le Silicium. Lorsque les impuretés sont le phosphore ou l'arsenic, le courant électrique est véhiculé par des électrons (charges négatives). Le semi-conducteur est dit **dopé de type N**. Lorsque les impuretés sont le bore ou le gallium, le courant est véhiculé par des "trous" (charges positives). Le semi-conducteur est alors **dopé de type P**.

Etching : Attaque par voie chimique (Photogravure).

Facilities : Viabilités, ensemble des installations

Front End : Dans l'industrie des semi-conducteurs, le Front-End rassemble les activités de traitement des plaquettes et élaboration des puces avant montage, on parle aussi de WAFER-Fab. Par opposition : Back-End.

Masque : Plaque de verre sur laquelle sont reproduit en grandeur réelle les motifs correspondant à différents stades d'élaboration des puces. Les masques sont utilisés comme des négatifs de photo lors de différentes opérations de photogravure.

Move : Représente l'action de changer d'étape de fabrication.

Plaquette : Rondelle ou tranche de silicium (ces 2 mots sont également employés) sur laquelle sont élaborées les puces (en anglais **WAFER**).

Scrap : Eliminer, mettre au rebut. Les scraps = les pièces éliminées.

Route : Ensemble des étapes de fabrication que doit suivre un produit pour sa fabrication.

Semi-conducteur : Corps dont les propriétés électriques sont intermédiaires entre celles d'un isolant et celle d'un conducteur. Les propriétés du Silicium, qui est le semi-conducteur le plus utilisé dans l'industrie des composants électroniques, varient suivant la nature des impuretés qui y sont introduites.

⁸ Glossaire issu du document fourni aux nouveaux arrivants chez STMicroelectronics

Les modèles de maturité CMMi et SPICE

Les premiers modèles qui s'intéressent à l'évaluation de la maturité des processus sont issus du monde informatique. En effet, leur objectif est d'évaluer les performances des processus des directions informatiques. Deux principaux modèles de maturité s'adressant aux processus informatiques coexistent :

- **CMMi** (Capability Maturity Model), modèle permettant d'évaluer l'état d'une organisation informatique sur une échelle de maturité de cinq niveaux et qui définit des critères objectifs pour atteindre les niveaux de maturité supérieurs.
- **Norme ISO / IEC 15504 – modèle SPICE** : modèle permettant d'évaluer les processus d'un maître d'œuvre informatique [ISO 15504 04a].

I. CMMi - Capability Maturity Model integrated

Créé en 1986 par le SEI (Software Engineering Institute), CMM (Capability Maturity Model) est un modèle d'amélioration des processus selon un cheminement logique. Il fournit des outils pour mesurer un état d'avancement et de maturité dans les processus de développement applicatif et il guide l'entreprise dans sa démarche d'amélioration de ces processus. Il comporte cinq niveaux de maturité : initial, processus géré, processus défini, processus maîtrisé et optimisation.

Introduit en 2001, CMMi (i pour integrated) se présente comme le successeur de CMM (qui n'est plus supporté depuis la fin 2005). Il couvre un domaine plus large incluant l'acquisition de logiciels, l'ingénierie système et les processus de gestion du personnel. Il est utilisé en interne par une société utilisatrice ou editrice, mais également par les prestataires de services (TMA, projets...). CMMi fournit un niveau de maturité global pour **l'ensemble de l'organisation**.

Le modèle CMMi est un modèle qui est structuré en 5 niveaux. Chacun de ces niveaux correspond à un palier de maturité dans la gestion des processus de développement logiciel.

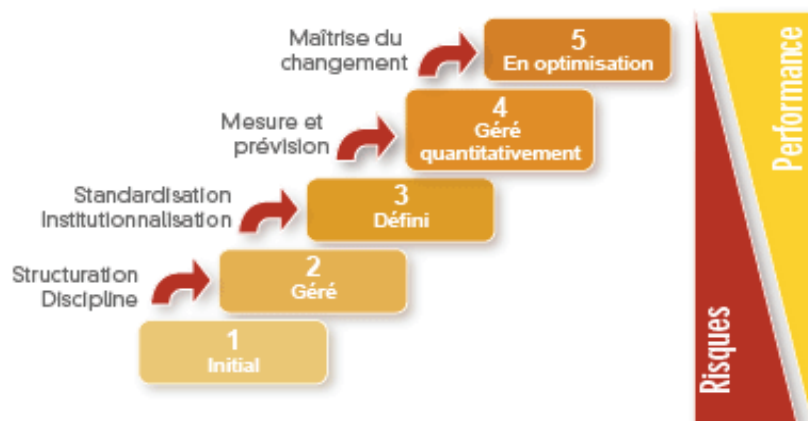


figure A2.85 : la maturité de processus dans CMMi

La démarche est structurée de la façon suivante :

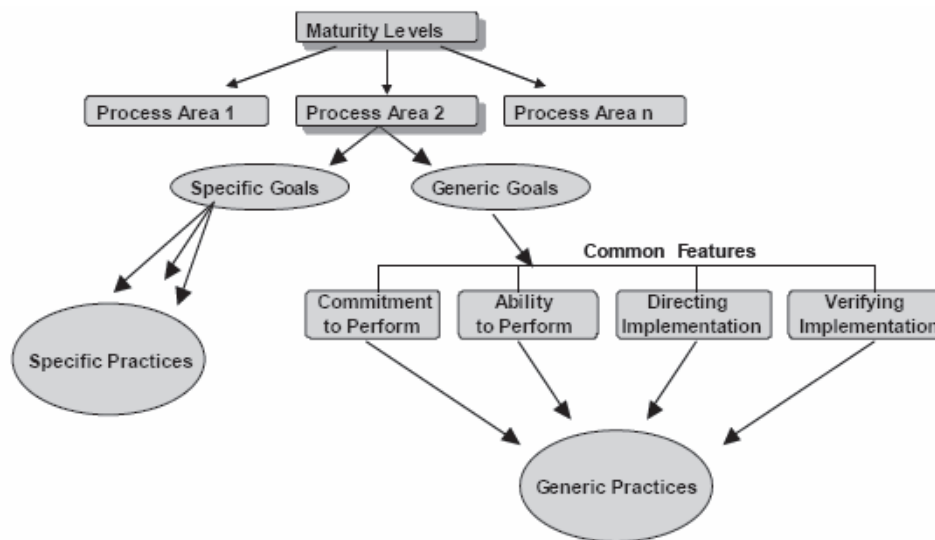


figure A2.86 : Composants du modèle CMMi [Carnegie 05a]

L'organisation de la direction informatique est définie en secteurs clés (process area) qui regroupe un ensemble de processus significatif. Chaque niveau et donc chaque secteur clés, contient des processus des quatre grandes catégories suivantes : les processus de gestion de projet, les processus de support, les processus de gestion des processus, les processus d'ingénierie. A chaque niveau de maturité correspond ensuite un ensemble de secteurs clés. L'attribution d'un niveau de maturité à une organisation correspond à la maîtrise de tous ses secteurs clés. Le lien entre les niveaux de maturité et les processus est présenté dans le tableau suivant :

Niveau	Description	Domaine de processus
1 Initial	Les processus sont incontrôlables et imprévisibles. Les objectifs ne sont pas remplis.	-
2 Managed	Les processus de management de projet sont maîtrisés dans le but d'assurer la réussite des Projets.	Requirements Management ; Project Planning ; Project Monitoring and Control ; Supplier Agreement Management ; Measurement and Analysis ; Process and Product Quality Assurance ; Configuration Management
3 Defined	Les processus sont caractérisés et bien compris.	Requirements Development ; Technical Solution ; Product Integration ; Verification ; Validation ; Organizational Process Focus ; Organizational Process Definition ; Organizational Training ; Integrated Project Management for IPPD ; Risk Management ; Integrated Teaming ; Integrated Supplier Management ; Decision Analysis and Resolution ; Organizational Environment for Integration

4 Quantatively managed	L'organisation se fixe des objectifs quantitatifs et qualitatifs et se dote de moyens pour contrôler leur atteinte	Organizational Process Performance ; Quantitative Project Management
5 Optimizing	Les processus s'inscrivent dans une recherche d'amélioration continue	Organizational Innovation and Deployment ; Causal Analysis and Resolution

tableau A2.1 : Les regroupements de processus liés au niveau de maturité [Carnegie 05a]

Ensuite, pour chaque domaine de processus sont définis les objectifs spécifiques et génériques qui seront évalués. Par exemple, pour le domaine de la planification, l'un des objectifs spécifiques est l'estimation que les paramètres de la planification du projet sont établies et maintenues et l'un des objectifs générales est le développement d'un planning du projet et qu'il est utilisé comme l'une des bases du management de projet. Chacun de ces objectifs est ensuite déclinés en pratique générique et usage spécifique qui seront évalués en fonction des niveaux de *capacité* définis dans le tableau suivant :

Niveau de capacité	Description
Niveau 0 - Incomplet	Les objectifs associés à ce secteur clé ne sont pas remplis.
Niveau 1 – Réalisé	Les objectifs sont atteints, mais cette réussite repose essentiellement sur les individus.
Niveau 2 – Géré	Les objectifs sont remplis en suivant des plans préétablis.
Niveau 3 – Défini	Une politique de normalisation des processus est mise en place au niveau de l'organisation.
Niveau 4 – Maîtrisé	Des mesures sont effectuées pour contrôler les processus et agir en cas de déviation par rapport aux objectifs de l'organisation.

Tableau A2.2 : Les niveaux de *capacité*

Chaque niveau de maturité correspond au final à l'évaluation des *capacités* des processus regroupés sur des secteurs clés en fonction des buts génériques et spécifiques.

Le modèle peut être utilisé de deux façons distinctes :

- Une approche continue de l'évaluation de la maturité des processus. En effet, une organisation n'est pas contrainte de choisir la validation de ses niveaux de maturité en se basant sur les domaines de processus. Elle peut choisir de définir le niveau de capacité de ses processus en se basant sur l'évaluation des objectifs génériques et spécifiques. Cette approche fournit à l'entreprise la liberté de choisir ensuite ses axes d'amélioration. [Carnegie 05b].
- Une approche avec des stades de maturité. L'approche en niveau de maturité contraint le choix des processus à évaluer pour passer d'un niveau à l'autre de maturité. En revanche, la structuration proposée dans l'enchaînement des niveaux de maturité est basée sur une séquence d'amélioration approuvée, partant des pratiques de management élémentaires et progressant au travers d'une succession d'étapes approuvées servant de base pour les suivantes. [Carnegie 05a].

Conclusion sur CMMi

CMMi ne fournit aucune information pratique sur l'amélioration de ses processus, il permet aux entités informatiques d'identifier leur stade de maturité, de définir leurs prochains objectifs pour évoluer, mais ne leur dit pas comment les atteindre. Ce modèle est davantage destiné aux fonctions d'études, de chefs de projets. Par exemple, les démarches comme ITIL (voir chapitre II) qui proposent les best practices des processus IT lui sont complémentaires.

II. SPICE ou ISO/CEI TR 15 504

En 1991, l'ISO a décidé de lancer une étude destinée à analyser les besoins et les exigences d'un standard pour l'évaluation des processus logiciels. Le résultat de cette étude a conduit à la définition d'un standard, le modèle **SPICE** (Software Process Improvement and Capability dEtermination), sous forme d'un rapport technique préliminaire de l'ISO.

La norme ISO/CEI TR 15 504 "Technologies de l'information - Évaluation de processus de logiciel", anciennement SPICE, propose ainsi un modèle de management de processus du développement logiciel et fournit une approche structurée pour l'évaluation de ces processus. Ce modèle peut être utilisé par les organisations soucieuses de maîtriser leurs processus de planification et de pilotage ainsi que d'améliorer les processus d'acquisition de fournitures, de services de développement, de prestations de conduite de projet, d'exploitation, de maintenance et de support de leurs logiciels.

II.1 L'architecture du modèle

Le modèle SPICE est bidimensionnel : la dimension processus et la dimension de maturité.

⇒ La dimension processus

Le modèle de référence SPICE identifie des processus pour les activités liées au développement, à la maintenance, à l'exploitation, à l'acquisition et à la fourniture de logiciel. Ces processus sont regroupés en 5 catégories [ISO 15504 04b] :

- ⇒ **Relations client-fournisseur** : toutes les interactions avec le client
- ⇒ **Ingénierie** : construction du produit logiciel
- ⇒ **Support** : soutien à l'exécution des autres processus
- ⇒ **Gestion** : gestion de la construction du produit logiciel
- ⇒ **Organisation** : infrastructure et environnement dans lesquels opèrent les autres processus.



Figure A2.87 : La dimension processus de SPICE

⇒ La dimension niveau de maturité

Incomplet : Les pratiques de base ne sont pas effectuées, il n'y a pas de produit ou de résultat du processus facilement identifiable.

Effectué : Les pratiques de base sont effectuées, des produits en fournissent la preuve. Le processus est géré au niveau de l'individu.

Géré : Les activités sont planifiées et suivies par rapport au plan. Les produits sont vérifiés et respectent les standards. La planification s'effectue au niveau projet.

Etabli : Les activités s'effectuent suivant un (ou plusieurs) processus standard défini(s) au niveau de l'organisation. Ce processus standard est adapté aux besoins de chaque projet.

Prévisible : Des mesures sont utilisées pour le contrôle quantitatif du processus et de la qualité des produits.

Optimisé : Les processus standard de l'organisation font l'objet d'améliorations continues. Ces améliorations sont évaluées sur la base du feed-back quantitatif provenant de l'exécution des processus.

L'évaluation d'un niveau se fait indirectement, en considérant un ensemble d'indicateurs (ou attributs). Neuf indicateurs sont définis, chacun étant lié à un niveau de maturité :

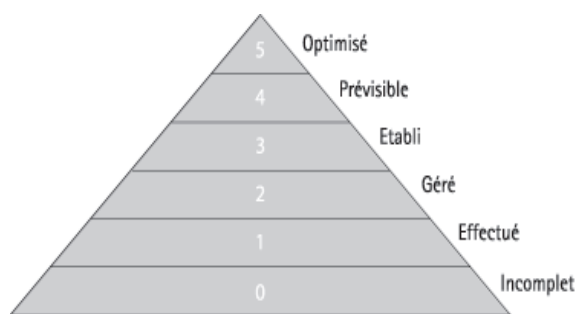


Figure A2.88 : Niveau de maturité de SPICE

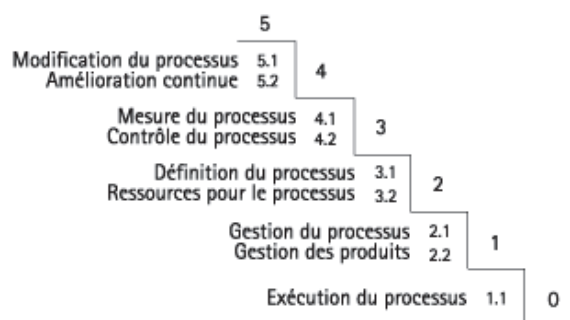


figure A2.89 : Les indicateurs du niveau de maturité

Chaque indicateur est évalué selon l'échelle suivante : **N** - Pas effectué (Non achieved), **P** Partiellement réalisé (Partially achieved), **L** Largement réalisé (Largely achieved), **F** Totalement effectué (Fully achieved). Le profil d'un processus est alors mesuré. Une instance atteint le niveau de maturité M si:

- ⇒ Tous les attributs de niveau inférieur à M sont évalués à F;
- ⇒ Les attributs du niveau M sont évalués à L ou F.

Conclusion sur l'ISO/CEI TR 15 504

L'ISO / CEI TR 15 504 se compose d'un référentiel volumineux qui détaille précisément le modèle présenté. Comme CMMi, il est conçu pour le développement logiciel et propose une approche orientée sur l'amélioration et l'évaluation de la maturité des processus. Par contre, il fournit un niveau de maturité de chacun des processus évalués.

N° d'ordre : 409GI

Julie Chapron

Title: Organizational Urbanism: methodology and decision support systems for the management of information system transformations over time.

Speciality: Industrial engineering

Key words: information system, enterprise modelling, processes, change management, clustering

Abstract: Our research focuses on the management of information system transformations over time. Indeed, the current instability, complexity and diversity of business markets have strong impact on the strategy, structure and internal organization of the firms. Industrial competitiveness is increasingly dependent on organisational flexibility and the ability to manage changes in both the business processes and the information system.

The “Information System Urbanism” method underlines that adaptation and transformation can be considered as a permanent characteristics of the information systems. In such a context, the managers need formal and rigorous approaches, to help them making the complex decisions related to information system transformations. They need concrete decision support tools relevant to this issue.

To answer these requirements, we have developed a methodology called “Information System Organisational Urbanism”, designed as an extension of the Information System Urbanism. This methodology consists in three complementary steps: cadastral urbanism, prospective urbanism and project urbanism. The purpose of cadastral urbanism is formalising the available knowledge on the existing information system, which is essential to manage further transformations. It provides all the necessary models in this perspective. These models cover notably process maps and software maps of the enterprise. Based on this knowledge, the prospective urbanism suggests defining a new target for the information system, in coherence with the firm’s strategic orientations. Our objective is to integrate in that approach new tools oriented on organisational analysis.

To provide a structured and flexible vision of the information system, we present an innovative formalisation of dependency between enterprise processes. The decision support system developed uses a clustering method, in order to generate interesting sets of processes. These process clusters are built to improve the management of information systems transformations. We suggest several diagnosis of the information system, based on the use of the cluster maps.

Our developments were implemented in the company STMicroelectronics. The operational implementation illustrates our approach.

N° d'ordre : 409GI

Julie Chapron

Titre de la thèse : L'urbanisme organisationnel : méthode et aides à la décision pour piloter l'évolution du système d'information de l'entreprise

Spécialité : Génie Industriel

Mots clefs : Système d'information, modélisation d'entreprise, processus, évolution, clusterisation

Résumé : Dans nos travaux, nous nous sommes intéressés à la problématique de gestion de l'évolution du système d'information dans l'entreprise. En effet, l'instabilité, la complexité, la diversité des marchés dans lesquels évoluent les entreprises vont influencer leur manière de fonctionner. De nos jours, la réussite d'une entreprise est fortement liée à sa capacité à adapter aisément et rapidement ses processus opérationnels et son système d'information aux mutations rapides de son environnement et de ses orientations stratégiques.

Le changement peut donc désormais être considéré comme une caractéristique permanente du système d'information, qui doit donc se doter d'approches formelles et outillées afin d'aider les décideurs à mieux orienter les choix d'évolution. Dans nos travaux, nous introduisons donc une méthodologie, que nous avons nommée l'urbanisme organisationnel du système d'information, en référence aux méthodes d'urbanisme du système d'information. Notre méthode s'appuie sur trois démarches : l'urbanisme cadastral, l'urbanisme prospectif et l'urbanisme de projet.

L'urbanisme cadastral s'intéresse à la connaissance de l'existant, indispensable à toute gestion de l'évolution. Il fournit les modèles du système d'information nécessaires à sa gestion, en se basant sur la cartographie des processus et des applications. A partir de ce recueil d'information, l'urbanisme prospectif propose de définir des cibles d'évolution du système d'information en relation avec les orientations stratégiques de l'entreprise. Nous proposons une aide à la décision qui s'appuie sur la formalisation des interdépendances de processus, afin de générer des regroupements de processus informationnels cohérents au regard de la gestion de l'évolution. Dans ce but nous utilisons une méthode dite de clusterisation pour générer différentes cartes de clusters de processus. Ces cartes sont ensuite analysées et donnent lieu à différents types de diagnostic.

L'ensemble de nos développements a été déployés au sein de la société STMicroelectronics dont la mise en œuvre opérationnelle illustre notre démarche.